



令和5年度第2回

電子航法研究所評議員会

重点研究課題 外部評価報告書

(事後評価・中間評価・事前評価)

令和6年3月

国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所
電子航法研究所

目次

1	本報告書の位置づけ	- 2 -
2	評価の対象とした研究開発課題（事後評価・中間評価・事前評価）	- 2 -
3	評価実施日及び出席評議員数	- 2 -
4	電子航法研究所 評議員名簿	- 2 -
5	評価実施課題	- 3 -
5.1	事後評価実施課題①	- 3 -
	（気象要因による運航制約条件を考慮した軌道調整に関する研究）	
5.2	事後評価実施課題②	- 12 -
	（高機能空中線を活用した監視技術高度化の研究）	
5.3	事後評価実施課題③	- 21 -
	（航空通信基盤の高度化に関する研究）	
5.4	中間評価実施課題①	- 31 -
	（SWIM による協調的意思決定支援情報サービスの構築と評価に関する研究）	
5.5	事前評価実施課題①	- 39 -
	（気象情報及び航空交通流を考慮した軌道調整技術に関する研究）	

1 本報告書の位置づけ

本報告書は、「国の研究開発評価に関する大綱的指針」（平成 28 年 12 月 21 日 内閣総理大臣決定）及び電子航法研究所評議員会規程に基づき、国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所電子航法研究所（以下「当研究所」という。）が行う研究開発課題について、外部有識者（評議員）による評価結果をとりまとめたものである。

2 評価の対象とした研究開発課題（事後評価・中間評価・事前評価）

- (1) 令和 5 年度に終了する重点研究課題（3 件）
 - ① 気象要因による運航制約条件を考慮した軌道調整に関する研究
 - ② 高機能空中線を活用した監視技術高度化の研究
 - ③ 航空通信基盤の高度化に関する研究
- (2) 研究期間が 5 ヶ年計画の研究で令和 5 年度に 3 ヶ年目を迎える重点研究課題（1 件）
 - ① SWIM による協調的意思決定支援情報サービスの構築と評価に関する研究
- (3) 令和 6 年度に開始する重点研究課題（1 件）
 - ① 気象情報及び航空交通流を考慮した軌道調整技術に関する研究

3 評価実施日及び出席評議員数

- (1) 評価実施日：令和 6 年 3 月 1 日
- (2) 出席評議員：6 名

4 電子航法研究所 評議員名簿

	氏 名	所 属
座長	土屋 武司	国立大学法人 東京大学 大学院工学系研究科 航空宇宙工学専攻 教授
以下 50 音順		
評議員	浅野 正一郎	大学共同利用機関法人 情報・システム研究機構 国立情報学研究所 名誉教授
評議員	有馬 卓司	国立大学法人 東京農工大学 大学院工学研究院 先端電気電子部門 教授
評議員	久保 信明	国立大学法人 東京海洋大学 学術研究院 海事システム工学部門 教授
評議員	中坪 克行	一般財団法人 航空保安無線システム協会 顧問
評議員	中野 睦雄	一般財団法人 航空交通管制協会 顧問

[敬称略]

5 評価実施課題

5.1 事後評価実施課題①

- 研究課題名：気象要因による運航制約条件を考慮した軌道調整に関する研究
- 実施期間：令和2年度～令和5年度 4カ年
- 研究実施主任者：瀬之口 敦（航空交通管理領域）

(1) 研究の背景・目的

① ニーズおよび内外の研究動向

協調的な運航前の軌道調整を実現するにあたっては、天気図等から悪天域を読み取り、航空機運航や航空交通に及ぼす影響および空域容量に対する制約を判断する高度な能力が要求される。これを支援するために、現状では航空交通気象センターから悪天に係る一般的な気象情報とともに航空交通気象時系列予報(ATMet時系列)が提供されているが、それでもまだ航空機運航や航空交通に及ぼす影響および空域容量に対する制約を直感的かつ定量的に把握することは容易ではない。ATMet時系列等の気象情報に対して航跡データや航空交通流制御実績データ等から求めた航空機運航や航空交通に及ぼす影響との相関を調べる等、飛行経路の選択や航空交通流制御の実施判断に資する気象情報の意味付けを行う研究開発が必要とされている。

② 当所で研究を行う必要性

これまでに航跡データや気象データ等を収集・解析してきた実績、多くの関係者のニーズや意見を公共的な立場からとりまとめる必要性等を踏まえ、電子航法研究所に対して本件の実施が期待されている。

③ 科学的・技術的意義（独創性、革新性、先導性）

飛行経路の選択や航空交通流制御の実施判断に資する気象情報の意味付けが行われた国内の研究開発は見当たらない。

④ 社会的・行政的意義（実用性、有益性）

CARATS施策の課題解決に資する。また、運航者および管制官で共通の状況認識の向上や関係者の作業負荷の低減に繋がる。さらに、航空機の運航効率の向上や航空交通流制御の高度化による地上待機遅延の減少が期待できる。

⑤ 本研究の目的

悪天の航空機運航、航空交通への影響および空域容量に対する制約を可視化・定量化し、航空交通流管理および航空機の運航管理の高度化を図る。

(2) 研究の達成目標

悪天の航空機運航、航空交通への影響および空域容量に対する制約の可視化・定量化、それ自体が課題であるため、これまでに国内で公表されていない飛行経路の選択や航空交通流制御の実施判断に資する気象情報の意味付けを提案することが目標である。これを達成するために、下記の3点を実施する。

- ① 悪天の発生傾向や管制空域および飛行経路との関係性、回避状況などを分析し、回避条件やバッファの推定、回避方法のモデル化を行う。
- ② 米国等の取り組みを参考にしつつ、現状比較等により我が国に適した運用判断指標を検討することで、悪天による航空交通流管理への影響度を定量化する。
- ③ ①の分析および②の評価の実施を容易にするための研究用評価システムを開発し、研究成果を可視化する。

(3) 成果の活用方策

悪天回避のモデル化は実現できれば軌道計算に組み込めるため、将来の軌道ベース運用の検討に役立つ。また、飛行経路の選択や航空交通流制御の実施判断支援に資する気象情報の意味付けによって、今後のよりよい運航前の協調的な軌道調整の検討に発展させられる。

(4) 成果の公表

① これまでの公表等

令和2年度（第1年次）

- ・査読付論文：0件
- ・国際標準化会議：0件
- ・その他：6件
 - ・国土交通省航空局安全部航空事業安全室：“TCAS RAによる回避操作の状況及び対応”（情報提供）、航空安全情報分析委員会、2020年6月。
 - ・中村、瀬之口、平林：“悪天回避経路に関する研究の紹介”、航空無線105号、2020年9月。
 - ・中村、瀬之口、平林：“軌道予測の高精度化に向けた悪天回避経路生成に関する検討”、第20回電子航法研究所研究発表会、2020年10月。
 - ・瀬之口、平林、中村：“CARATS 施策 EN-6 および OI-15 関連の ENRI 研究開発の進捗報告”、CARATS 第41回 ATM 検討 WG / 第42回航空気象検討 WG 合同 WG、2020年10月。
 - ・武、上野（以上、横浜国立大学）、瀬之口、平林、虎谷：“神戸空港の容量拡大に向けた進入復行経路の検討”、第58回飛行機シンポジウム、2020年11月。
 - ・中村、瀬之口：“軌道予測の高精度化に向けた悪天回避経路生成に関する検討”、第58回飛行機シンポジウム、2020年11月。

令和3年度（第2年次）

- ・査読付論文：1件
 - ・中村、瀬之口：“Modeling of Aircraft Routes under Severe Weather Conditions”、2022 AIAA SciTech Forum、2022年1月。
- ・国際標準化会議：0件
- ・その他：4件
 - ・中村、瀬之口：“航空機運航における気象要因の定量化に向けた研究”、第144回日本航海学会春季講演会、2021年5月。
 - ・瀬之口、中村、平林：“CARATS 施策 MET-4 および TBO-2（旧 ID：EN-6 および OI-15）関連の ENRI 研究開発の進捗報告”、CARATS 第45回 ATM 検討 WG / 第46回航空気象検討 WG 合同 WG、2021年9月。
 - ・中村、瀬之口：“レーダーエコーに基づく航空機の悪天における回避経路の生成”、第59回飛行機シンポジウム、2021年11月。
 - ・岡、古賀、瀬之口：“航空交通データの収集・整備・提供”、日本航空宇宙学会誌69巻12号、2021年12月。

令和4年度（第3年次）

- ・査読付論文：0件
- ・国際標準化会議：0件

- ・その他：7件
 - ・中村、ビクラマシンハ、瀬之口：“気象予報データの利用者選択経路の導出に与える影響”、第22回電子航法研究所研究発表会、2022年6月。
 - ・瀬之口、平林、中村：“航空路管制における悪天候の影響の初期的な分析”、第22回電子航法研究所研究発表会、2022年6月。
 - ・瀬之口、平林、中村：“気象要因による運航制約条件を考慮した軌道調整に関する研究の紹介”、航空無線113号、2022年9月。
 - ・瀬之口、平林、中村：“CARATS 施策 MET-4-1, MET-4-2 および TBO-2-1 関連の ENRI 研究開発の進捗報告”、CARATS 第49回 ATM 検討 WG/第50回航空気象検討 WG 合同 WG、2022年9月。
 - ・中村、瀬之口：“気象予報データを活用した航空機の悪天回避経路の生成”、日本航海学会学会誌 NAVIGATION 222号、2022年10月。
 - ・中村、瀬之口：“気象予報データを用いた悪天回避に関する初期的解析”、第60回飛行機シンポジウム、2022年10月。
 - ・瀬之口、平林、中村：“航空路管制における悪天候の影響に関する考察”、第60回飛行機シンポジウム、2022年10月。

令和5年度（第4年次）

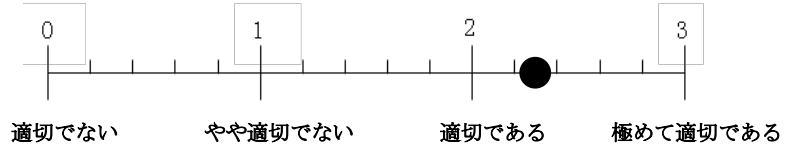
- ・学術論文誌：0件
- ・国際学会（全文査読）：0件
- ・国際学会（アブストラクト査読）：0件
- ・国際学会（査読なし）：0件
- ・標準化会議：0件
- ・国際会議：0件
- ・国内学会：6件
 - ・横濱、千葉（以上、電気通信大学）、中村、瀬之口：“航空機の悪天回避経路生成に向けた乱気流指数の活用の検討”、日本航空宇宙学会第54期年会講演会、2023年4月。
 - ・中村、ビクラマシンハ、瀬之口：“悪天発生時における回避経路と交通流制御に関する初期的検討”、日本航空宇宙学会第54期年会講演会、2023年4月。
 - ・平林、瀬之口：“管制指示傾向から見る悪天回避が管制処理容量に及ぼす影響”、第61回飛行機シンポジウム、2023年11月。
 - ・ビクラマシンハ、中村、瀬之口：“飛行計画における航空機の搭載燃料の予測向上に関する一検討”、第61回飛行機シンポジウム、2023年11月。
 - ・横濱、千葉（以上、電気通信大学）、中村、瀬之口：“悪天候回避時における航空機の飛行経路と気象データの相関分析”、第61回飛行機シンポジウム、2023年11月。
 - ・中村、瀬之口：“航空交通における乱気流回避の定量化に向けた初期的解析”、第61回飛行機シンポジウム、2023年11月。
- ・その他：1件
 - ・瀬之口、平林、中村：“CARATS 施策 MET-4-1, MET-4-2 および TBO-2-1 関連の研究進捗および新規研究案について”、CARATS 第54回 ATM 検討 WG/航空気象検討 WG 合同 WG、2023年9月。

(5) 評価結果

① 研究の効率性

1. 研究の進め方の適切性

評価 2.3



【所見】

- ・ 達成された内容に比して、4年は長すぎたと思われる。
- ・ 気象データを運航管理に使用する研究は国内外で存在するが、それらの分析と本研究の独自性の説明が行われていない。
- ・ 4年間という限られた期間で、多くの成果が出ており極めて適切と考える。
- ・ 研究全体を通し研究の進め方は極めて適切である。

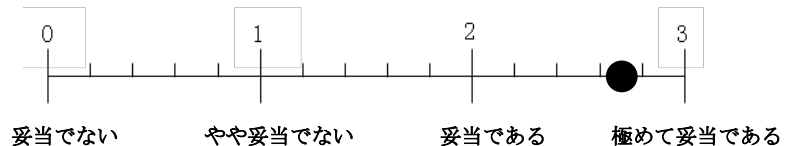
【電子航法研究所の対応】

本研究では、気象データを運航管理で使用する先行研究や実際の航空機運航における悪天回避等を参考にして、将来的に管制側から提供されるサービス実現のための基盤的な知見の獲得を目指して研究を進めてまいりました。

今後の研究では、実施期間に見合う成果を創出できるよう達成状況に関する進捗管理を充実させるとともに、先行研究の調査および他機関との協業を模索するようにいたします。

2. 研究実施体制の妥当性

評価 2.7



【所見】

- ・ 大学等、外部との共同研究を実施したことは良い。ただし、経路生成の計算手法のレベルは難しくなく、共同研究を効率的に行ってもっと加速することができたのではないかと。
- ・ 共同研究を心掛けていることは評価できるが、研究費の分担、研究課題の分担など共同研究機関間で踏み込んだ計画が立てられればよかった。
- ・ 気象の専門家が体制に入っているのか不明ではあるが、体制に問題は見つかからない。
- ・ 電子航法研究所単体で進めるより外部専門的機関との連携が重要であり、その連携が確保されている。
- ・ 所内はじめ他機関、特に気象研究所との連携、管制業務経験者との連携は本研究にとって重要であり、研究体制は極めて妥当であった。

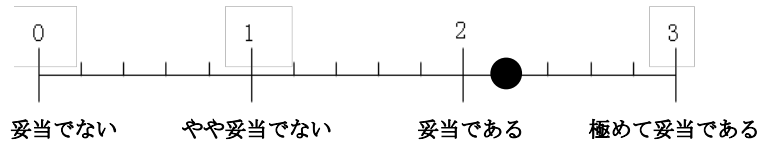
【電子航法研究所の対応】

本研究分野は学術関係者だけでなく行政を含む航空機運航や管制運用、航空気象に係る現場関係者など多くの関係者で成り立っていることが特徴であり、関係者間の情報共有が課題の1つであるため、今後の研究では弊所に望まれている橋渡し機能を強化するように努めてまいります。

② 研究の有効性

1. 研究目標の達成度

評価 2.2



【所見】

- ・ 回避経路の生成自体は最適制御問題として難しくない。また、悪天率とデビエーション率の相関に関する考察は浅すぎる。
- ・ 現状で行われている回避行動の裏づけを与え、より進んだ管制判断に採用するためには、気象情報の統計的性質を分析する必要があるのではないか。DAPs 等で得られるリアルタイム情報を扱っていないので、時間的不確実性も検討すべきではないか。
- ・ 色々な制約を効率よく考慮しており、目標は十分達成されたといえる。
- ・ 悪天候時の航跡データを分析し、航空機の悪天回避をモデル化するなど研究の達成度は妥当である。

【電子航法研究所の対応】

今後は、制御や気象等に関する最新の専門性を如何に実用的な知見やシステムへ落とし込むかを念頭に置いて研究を進めてまいります。

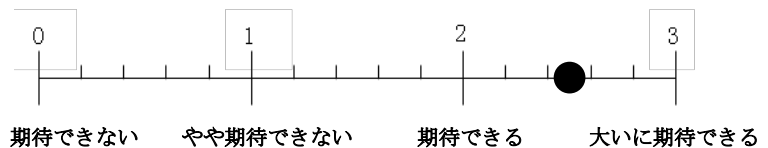
悪天率とデビエーション率の相関については、後続研究にて、より洗練された回帰分析手法を用いて考察を深める予定です。

気象データに関しては、本研究内で実施した EDR (Eddy Dissipation Rate : 渦消散率) や乱気流指数の分析結果やノウハウが垂直方向の悪天回避軌道生成の技術開発で活きるものと期待しております。

また、時間的不確実性への対処は将来の軌道ベース運用の実現における重要な課題のため、引き続き検討してまいります。

2. 研究成果の活用と波及効果

評価 2.5



【所見】

- ・ 研究を継続して成果が発展することを期待できる。

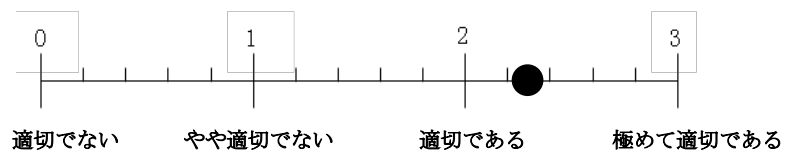
- ・ 活用するための条件が示されていないので判断できないが、本研究の発展は大いに望まれる。
- ・ 効率を定量的に評価する数式を提案するなど、他の分野でも応用できると考える。
- ・ 継続研究での更なる研究成果の活用が大いに期待出来る。

【電子航法研究所の対応】

社会実装の期待に応えられるようにこれからも研究を実施してまいります。

3. 研究成果の公表

評価 2.3



【所見】

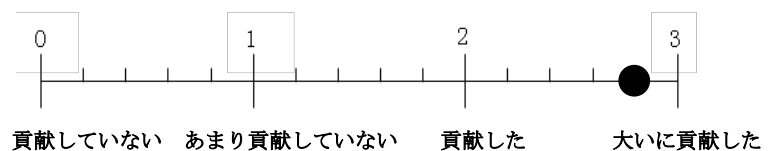
- ・ 論文発表が少ない。おそらく、軌道最適化のための数値計算手法などは一般的で新規性を欠き、そのために査読付き論文にならなかったのではないか。
- ・ 研究内容の公表は極めて適切と思われる。
- ・ 査読付論文1件ではあるが、国内外で広く発表している。
- ・ 航空機運航サイド、管制運用サイド及び航空気象関係者への研究成果の公表に努めた。

【電子航法研究所の対応】

新規性とともに有効性のアピールを重視して、論文発表を含む研究成果の公表を増進してまいります。

4. ポテンシャルの向上

評価 2.8



【所見】

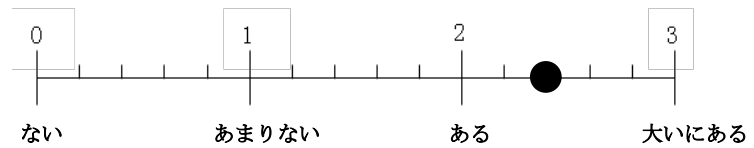
- ・ 次年度から始まる重点研究に引き継がれることが期待される。
- ・ 今後の継続研究を実施する体制ができている。
- ・ 複雑な条件を整理しているので、今後様々な課題に対応できるようになったと考える。
- ・ 分析したデータ、開発したシステム等は気象と管制運用の研究開発に活用出来る。

【電子航法研究所の対応】

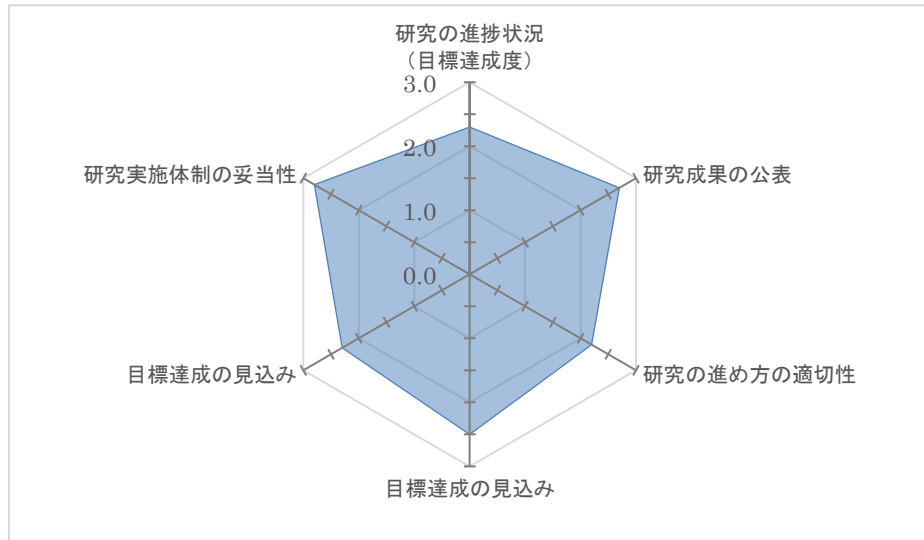
本研究では、これまで手薄であった気象関連の分析を中心にポテンシャルを向上させることが出来ました。培ったポテンシャルや開発した評価システムは、今後の研究開発でも有効活用いたします。

総合評価（本研究を実施した意義があるか）

2.4



選定理由 各評価項目の合計点数 = 14.8
 評価項目数 = 6
 (14.8 ÷ 6 = 2.4)



【所見】

- ・ 悪天回避の分析、経路生成、デビエーション率との相関など、一定の成果があるが達成されたレベルは研究期間に比して貧しく、研究期間を短縮するか、目標レベルを上げることができたと思われる。しかし、今後、社会実装に繋がる研究であり、実施した意義はあり、結果は有益である。
- ・ 激化する気象を扱う研究は広範に進められており、観測手段や情報共有も整備されている。航空に関しては運航事業者でも検討が進んでおり、知見が蓄積されつつある。これら踏まえて、電子航法研究所では継続研究を進めることが適切であり、本研究を実施した意義は高い。
- ・ 当初課題に対して有意義な結果を出しており、大いに有益であったと評価した。実用化までは時間がかかるかもしれないが、ここで得られた知見を蓄積し今後に生かしてほしい。
- ・ 実用までにはまだまだ時間がかかるテーマではあるが、継続して成長させてほしい。
- ・ 気象の影響を回避して飛行するための各種データ分析、評価システム開発など有益な成果が得られたことの研究意義は大きい。

【電子航法研究所の対応】

本研究分野の社会実装に対するご期待の高さに応えられるよう、ご指摘いただいた点に留意して次の研究に取り組んでまいります。

【その他、ご助言】

- ・ 内外の関連研究を分析・評価することを奨めます。それにより、研究意義の理解性が高まります。
- ・ 今後実用化に向けて、所内外との連携を進めながら、さらに研究をつづける事を期待します。
- ・ 成果の理解を得やすい説明手法に工夫していただければ、価値の理解も高まると考えます。
- ・ 本研究の成果を次の研究（気象情報及び航空交通流を考慮した軌道調整技術に関する研究）の引き継いでほしい。

【電子航法研究所の対応】

今後、関連研究の分析・評価や研究成果の説明を工夫することで、成果公表の増加に繋げてまいります。また、次の研究では所内外との連携を強化して社会実装を目指します。

5.2 事後評価実施課題②

- 研究課題名：高機能空中線を活用した監視技術高度化の研究
- 実施期間：令和3年度～令和5年度 3カ年
- 研究実施主任者：長縄 潤一（監視通信領域）

(1) 研究の背景・目的

① ニーズおよび内外の研究動向

我が国では、将来の航空交通需要増大へ対応した監視技術の革新として、二次監視レーダー(SSR)、広域マルチラテレーション(WAM)、放送型自動従属監視(ADS-B)といった異種センサを整備し、それらの航跡を統合する航空路マルチセンサーシステムの整備を進めている。現在、航空路 WAM の整備が進んでいるほか、令和3年度には CARATS にて ADS-B 導入の意思決定が予定されている。航空路マルチセンサーシステムは各センサの長所を取り入れた監視機能を実現できる一方、異種センサが独立して整備された冗長性の高い構成となっており、それらをより一元的に実現することが、効率化と高性能化の両立に必要である。これに向けては、各センサが持つ異なる送受信要件を集約できる高機能空中線が必須となる。そのため、高機能空中線と高機能空中線による監視機能実現(SSR・WAM相当の測位、ADS-Bの検証)に必要な技術の開発が求められる。国内外の技術開発の動向としては、各センサに関する個別の技術開発は見受けられるが、航空路マルチセンサーシステムの包括的な検討は見当たらない。

② 当所で研究を行う必要性

本研究で必要な技術の開発を行うには、航空路監視用の様々なセンサを対象とした広範囲の専門知識・経験が求められるほか、高機能空中線に関わる専門知識・経験も同時に求められる。加えて、開発した技術を適切に評価ための実験施設も必要である。さらに、本研究の成果普及を効果的に行うには、我が国の航空当局との連携体制と国際標準化の経験も必要となる。したがって、上記の必要な条件を全て具備する当研究所が実施することが適当である。

③ 科学的・技術的意義(独創性、革新性、先導性)

航空路マルチセンサーシステムを構成する各センサに関する個別の技術開発は見受けられるが、各センサを包括的に検討し、一元的に実現することを目指した技術開発は見当たらず、技術的意義は高い。

④ 社会的・行政的意義(実用性、有益性)

我が国では SSR と WAM の運用が開始されているほか、将来的に ADS-B が導入される計画であり、これらシステムの効率化・高性能化に向けた技術開発は社会的・行政的に意義が高い。

⑤ 本研究の目的

将来の航空監視システムにおいて効率化と高性能化の両立に寄与するため、異なる送受信要件を集約できる高機能空中線の実現に必要な技術および、高機能空中線を活用して監視機能を実現するために必要な技術を開発することである。

(2) 研究の達成目標

- ① SSR/WAM相当の測位機能および ADS-B 検証機能を達成するために必要な、高機能空中線および高機能空中線を用いた監視機能の要素技術開発
- ② 高機能空中線による効率化・高性能化(サイト数・精度等)の検討結果とりまとめ
- ③ 監視技術に関する国際標準化活動に参加し、評価結果の提出による貢献と技術文書

への反映

(3) 成果の活用方策

- ① 開発した要素技術と評価結果：航空局機材（TMC 評価機材等）への実装により、短期的には ADS-B 導入や個別センサの性能向上、長期的には SSR/WAM を含めた航空路マルチセンサーシステムの効率化・高性能化に寄与。
- ② 導入効果の検討結果：意思決定または監視システムの将来の方向性の決定に寄与
- ③ 国際標準文書の反映：開発した技術の導入に向けた有効性の根拠資料として引用

(4) 成果の公表

① これまでの公表等

令和3年度（第1年次）

- ・査読付論文：2件
 - ・ J. Naganawa, H. Miyazaki, H. Tajima, T. Koga, J. Kitaori, “Numerical Simulation of Aircraft Position Verification using AOA and TDOA for ADS-B,” ISAP 2021, Oct. 2021.
 - ・ J. Naganawa, H. Miyazaki, H. Tajima, T. Koga, J. Kitaori, “TDOA and AOA Measurement System for Investigating Aircraft Position Verification,” ICSANE 2021, Nov. 2021.
- ・国際標準化会議：4件
 - ・ H. Miyazaki, “Update of Surveillance Material in Doc 9830 A-SMGCS Manual,” ICAO SP ASWG/13, SP-ASWG13-WP05, April 2021.
 - ・ H. Miyazaki, “Surveillance Material in Doc 9830 A-SMGCS Manual,” ICAO SPASWG TSG/13, ASWG TSG 13-14R1, June 2021.
 - ・ China, Japan, Singapore and the Secretariat, “Status on the updates to the SI/II codes assignment criteria in Doc 9924,” ICAO APAC SURICG/6, IP/02, Sep. 2021.
 - ・ ENRI, “An Evaluation Example of a Non-Cooperative Method for DAPs Data Recognition,” ICAO APAC DAPs WG/5, IP/11 Mar. 2022.
- ・その他：3件
 - ・宮崎，長縄，“広域マルチラレーションの開発,” 航空技術誌，第797号，pp.24-27，令和3年8月。
 - ・長縄，宮崎，古賀，田嶋，角張，“TDOA と AOA を用いた航空機位置検証法のシステム設計に関する検討,” 電子情報通信学会 宇宙・航行エレクトロニクス研究会，信学技報，vol. 121, no. 78, SANE2021-14, pp. 29-34, 2021年6月。
 - ・長縄，宮崎，田嶋，古賀，北折，“AOA と TDOA を併用した航空機位置検証における誤差の考慮,” 電子情報通信学会 ソサイエティ大会，B-2-10, 2021年9月。

令和4年度（第2年次）

・査読付論文：3件

- ・小菅，古賀，長縄，呂，宮崎，“Taylor 級数推定法による TOA 測位における収束条件,” 電子情報通信学会論文誌 B, Vol.J105-B, No.4, pp.433-445, 2022年4月。
- ・小菅，古賀，長縄，宮崎 “Taylor 級数推定法による TSOA 測位における初期値,” 電子情報通信学会論文誌 B, Vol.J106-B, No.01, 2023年1月。
- ・ J. Naganawa and H. Miyazaki, “Comparison of ADS-B Verification Methods: Direct TDOA and MLAT,” in IEEE Access, vol. 10, pp. 97276-97288, 2022.

- ・国際標準化会議：6件
 - ・ H. Miyazaki, “Surveillance Material in Doc 9830 A SMGCS Manual,” ICAO SP ASWG/15, SP4-ASWG15-WP/11, April 2022.
 - ・ ENRI, Japan, “Positive Effect of CPR Reasonableness Test on ADS-B Security,” ICAO APAC SURICG/7, SURICG/7-WP/11, May 2022.
 - ・ H. Miyazaki, “Surveillance Material in Doc 9830 A-SMGCS Manual,” ICAO, SP ASWG TSG/15, ASWG TSG WP15-10, June 2022.
 - ・ Japan/ENRI, “Research on ADS-B Position Verification,” ICAO APAC CNS SG/26, CNS SG/26-IP/14, Sept 2022.
 - ・ H. Miyazaki, “Surveillance Material in Doc9830 A-SMGCS Manual,” ICAO SP ASWG/16, SP-ASWG16-WP/12, Oct. 2022.
 - ・ J. Naganawa, “Research Progress on Active Phased Array Antenna,” ICAO SP ASWG/17, SP-ASWG17-IP06, Feb. 2023.
- ・その他：8件
 - ・長縄, 宮崎, “複数 TDOA を用いた航空機 ADS-B 位置検証に関する理論検討,” 電子情報通信学会 宇宙・航行エレクトロニクス研究会, 信学技報, vol. 122, no. 41, SANE2022-6, pp. 27-32, 2022年5月.
 - ・ J. Naganawa, “Research Activity on ADS-B Security,” FATS WG/30, May 2022.
 - ・長縄, 宮崎, 田嶋, 古賀, 北折, “ADS-B 位置検証の補強技術,” 令和4年度(第22回)電子航法研究所 研究発表会 ポスターセッション, 2022年6月.
 - ・長縄, 宮崎, 北折, 古賀, 田嶋, “航空機監視信号の到来角推定に関する初期的実験,” 電子情報通信学会 宇宙・航行エレクトロニクス研究会, 信学技報, vol. 122, no. 136, SANE2022-29, pp. 38-43, 2022年7月.
 - ・長縄, “ADS-B に関する研究について—脆弱性対策—,” 出前講座, 2022年7月.
 - ・長縄, 宮崎, 田嶋, 古賀, 北折, “ADS-B 位置検証技術に関する研究,” 第60回飛行機シンポジウム, 2022年10月.
 - ・長縄, 宮崎, 古賀, 北折, 田嶋, “航空機二次監視に向けたアレーアンテナ実験システムの基礎評価と性能向上の検討,” 電子情報通信学会 宇宙・航行エレクトロニクス研究会, 信学技報, vol. 122, no. 248, SANE2022-59, pp. 49-54, 2022年11月.
 - ・長縄, 宮崎, 田嶋, 古賀, 北折, “無線信号特徴量を使った航空機位置情報(ADS-B)の検証,” 日本 AEM 学会誌, 31 巻, 1 号, pp. 25-29, 2023年3月.

令和5年度(第3年次)

- ・学術論文誌：1件
 - ・小菅, 古賀, 長縄, 宮崎, “観測雑音に相関がある場合の Taylor 級数推定法による TDOA 測位と距離バイアス誤差ありの TOA 測位の同一性,” 電子情報通信学会 和文論文誌 B, 2023年10月.
- ・国際学会(全文査読)：1件
 - ・ J. Naganawa, H. Miyazaki, “Air-Ground Radio Channel Analysis by Opportunistic DAPs Signal,” in Proc. 2023 International Symposium on Antennas and Propagation (ISAP), Malaysia, Nov. 2023.
- ・国際学会(アブストラクト査読)：1件
 - ・ J. Naganawa, Y. Kosuge, H. Miyazaki, “Improved Model on Aircraft Localization using a Secondary Surveillance Radar and Cooperative Receivers,” International Conference

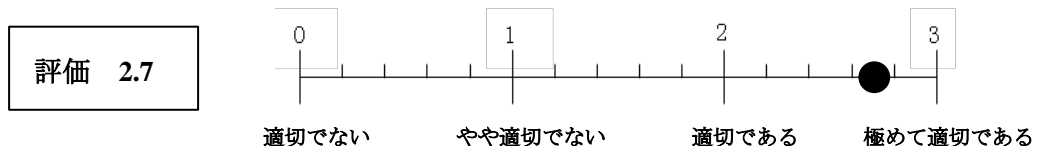
on Space, Aeronautical and Navigational Electronics 2023, Nov. 2023.

- ・国際学会（査読なし）：0 件
- ・標準化会議：3 件
 - ・ ENRI, “Factors Affecting Performance of ADS-B Position Verification by TDOA,” ICAO APAC SURICG/8, SURICG/8-IP/12, June 2023.
 - ・ H.Miyazaki, “Surveillance Material in Doc 9830 A-SMGCS Manual,” ICAO SPASWG TSG/17, June 2023.
 - ・ H. Miyazaki, “Surveillance Material in Doc 9830 A-SMGCS Manual,” ICAO SPASWG/18, Sept. 2023.
- ・国際会議：0 件
- ・国内学会：5 件
 - ・長縄, 北折, 田嶋, 古賀, 宮崎, “航空機監視信号の到来角推定精度向上に向けた実験的検討,” 電子情報通信学会 宇宙・航行エレクトロニクス研究会, 信学技報, vol. 123, no. 104, SANE2023-29, pp. 43-48, 2023 年 7 月.
 - ・長縄, 小菅, 宮崎, “二次監視レーダと受信局を用いた TSOA-AOA 測位における高度の取り扱い,” 電子情報通信学会 ソサイエティ大会 講演論文集, B-2-7, 2023 年 9 月.
 - ・長縄, 小菅, 宮崎, “二次監視レーダと受信局を連携した TSOA-AOA 測位の基礎検討,” 電子情報通信学会 宇宙・航行エレクトロニクス研究会, 信学技報, vol. 123, no. 156, SANE2023-43, pp. 52-57, 2023 年 8 月.
 - ・田嶋, 長縄, “アレイアンテナ開口分布の最急降下法による最適化の検討,” 電子情報通信学会 宇宙・航行エレクトロニクス研究会, 信学技報, vol. 123, no. 255, SANE2023-54, pp. 40-45, 2023 年 11 月.
 - ・長縄, “ADS-B で得られる航空機速度情報の検証手法に関する基礎検討,” 電子情報通信学会 2024 年総合大会. (発表予定)
- ・その他：3 件
 - ・長縄, 宮崎, 田嶋, 古賀, 北折, 角張, “ADS-B 位置検証技術の性能概算,” 令和 5 年度（第 23 回）電子航法研究所 研究発表会講演概要, 2023 年 6 月.
 - ・長縄, 宮崎, 田嶋, 古賀, 北折, 角張, “ADS-B 位置検証技術の性能概算,” 航空無線, 第 118 号, 2023 年.
 - ・ 3. J. Naganawa, Introduction of Surveillance Systems for Air Traffic Control, マルチメディア大学での招待講演, Nov. 2023.

(5) 評価結果

① 研究の効率性

1. 研究の進め方の適切性



【所見】

- ・ 計画通りである。
- ・ 過去に開発した設備資産を活用し、経費の低減、確実な試作、経験者参加による知見の流用、等を図っており、適切な計画であったと評価する。

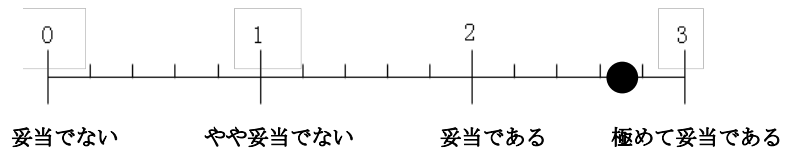
- ・ 論文・国際会議など順調に成果が出ているので、きわめて適切であったと評価できる。
- ・ 要素技術の開発・評価にとどまらず、シミュレーションによる導入効果検討、評価結果に基づく装置規模の試算を通じ開発した技術の意義を示した研究は極めて適切である。

【電子航法研究所の対応】

資産活用やシミュレーションによる導入効果検討といった工夫は後継研究でも引き続き取り入れることで、論文・国際会議などの成果を確実に創出できるよう努めます。

2. 研究実施体制の妥当性

評価 2.7



【所見】

- ・ 本研究所の専門性が活用できる研究実施体制であった。
- ・ 各分野の専門家が参画しており、体制は妥当であったと評価できる。
- ・ 限られた研究者数、及び航空局評価機材などの活用などにより研究が効率的に実施された。

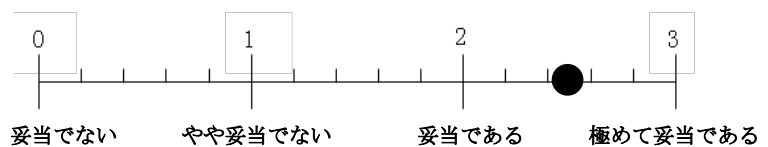
【電子航法研究所の対応】

研究者の専門性や外部との連携を生かした実施体制を今後も継続し、研究を効率的に進められるようにいたします。

② 研究の有効性

1. 研究目標の達成度

評価 2.5



【所見】

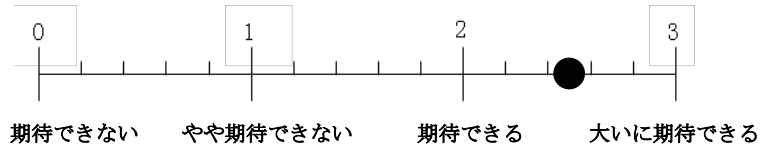
- ・ 予定通りの目標を達成した。
- ・ 基本的な解明が行われており、個々に技術的知見が示され、多くの専門家に参考となる。技術的意義が高い。
- ・ 様々な項目で目標を達成していることから、達成したと考える。
- ・ 短期間で空中線の要素技術、ADS-B 検証技術等についての成果を得た。

【電子航法研究所の対応】

評価を頂いた成果（基本的な解明、空中線の要素技術、ADS-B 検証技術）を普及・発展できるよう今後も研究を進めます。

2. 研究成果の活用と波及効果

評価 2.5



【所見】

- ・ 標準化活動に進み、実装を行うことを期待する。
- ・ 今後の監視機能の設計に活用できる。今回の多機能センサ仕様が製作されるかは定かではないが、技術的に参照されることは確かであろう。
- ・ ビームフォーミングの成果などは他分野を含め活用が可能と考える。その他項目についても、活用は出来ると考えられるがそのイメージが十分伝わらなかった。
- ・ ADS-B なりすまし対策が ICAO アジア地域のガイダンス文書に記載されるなど研究成果の海外への波及が大いに期待される。

【電子航法研究所の対応】

標準化活動については、後継研究で ICAO 監視関連の会合に引き続き参画いたしますので、技術文書への反映等を目指した取り組みを継続いたします。

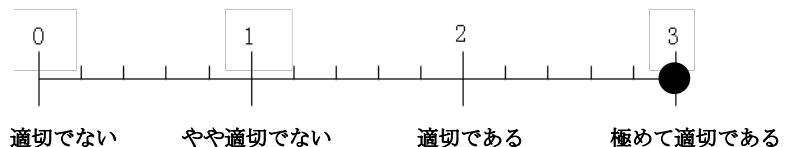
今後の実装や監視機能の設計については、まずは技術的に参照しやすい形で成果を残しておくようにいたします。

ビームフォーミング以外の成果については、例えば ADS-B の検証技術（なりすまし対策）の一部がすでに仕様策定や設備製造で活用がなされておりますが、他分野への活用も検討するようにいたします。

なりすまし対策の海外への普及については、製造を行っている国内メーカーが今後、海外展開できるよう働きかけや技術移転を行います。

3. 研究成果の公表

評価 3.0



【所見】

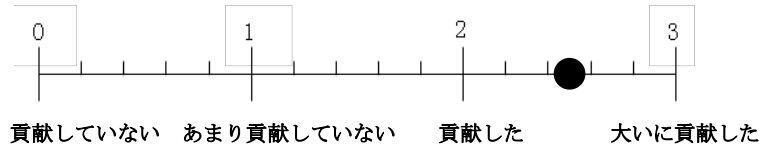
- ・ 論文発表、ソフトウェア利用許諾もある。
- ・ 主要な学会誌に原著論文を掲載しており、学術的にも貢献している。
- ・ IEEE の比較的掲載が難しい論文に成果を投稿し掲載されるなど、質および量とも成果を十分公表してると考えられる。
- ・ 論文等の発表が十分なされている。

【電子航法研究所の対応】

評価を頂いた論文 (IEEE 等) やソフトウェア利用許諾については今後も成果創出を継続できるよう努力いたします。

4. ポテンシャルの向上

評価 2.5



【所見】

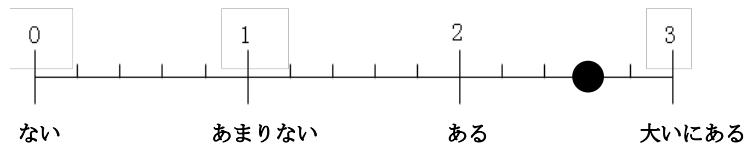
- ・ 監視センサに関する研究の一段階を完了する意味を持っていると評価でき、次段階への研究者の育成も行われている。
- ・ 大きく分けて3つの課題に取り組み、アナログからデジタルまで必要な課題を実施したことで多くの知見を獲得したと考える。
- ・ 貢献した。

【電子航法研究所の対応】

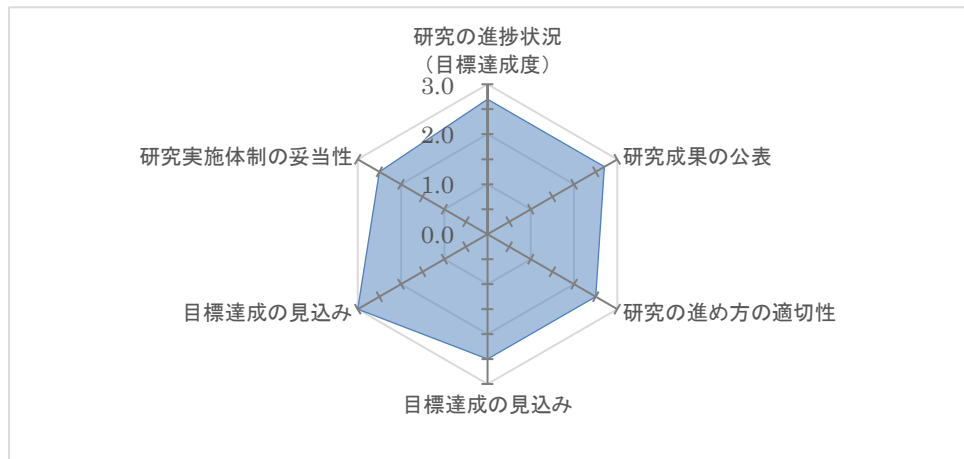
後継研究のほか、他の所内研究においても今回獲得した知見や研究者のポテンシャルを生かせるように努めます。

総合評価（本研究を実施した意義があるか）

2.6



選定理由 各評価項目の合計点数 = 15.8
 評価項目数 = 6
 (15.8 ÷ 6 = 2.6)



【所見】

- ・ 所定の成果を挙げている。今後、標準化と実装に進むことを希望する。
- ・ 電子航法研究所の研究分野として主要な一つであり、机上で想定していた性能諸元を試作により検証し、区切りをつけている点で、研究を実施した意義は高い。
- ・ 多くの論文・国際会議・研究会で成果を公表しており、電子航法研以外の研究者にもその成果を多く提供している。このことは、研究を実施した意義が大いにあると考える。
- ・ 高機能空中線と監視機能の要素技術開発、効率化・高性能化の検討結果を取りまとめ、研究成果を国際標準化活動に反映させるなど本研究を実施した意義は大きい。

【電子航法研究所の対応】

今後、標準化および実装の面を含め、本研究を発展させてまいります。標準化活動としては ICAO 監視関連会合に引き続き参画の予定です。実装については、メーカーとの協力を継続して、取り組みを進めます。そして、特に評価を頂いた成果（論文、国際会議、研究会、要素技術、効率化・高性能化検討）について、今後も同様の成果を創出できるように努め、所外研究者への公表を継続いたします。

【その他、ご助言】

- ・ 基本的技術課題に取り組む研究が継続されることを期待する。
- ・ 活用側と一体となって、ニーズ、社会的意義等についての更なる掘り下げを行うことにより、新たな気づき、新たな意義等にも結びつけられる

と期待しています。

【電子航法研究所の対応】

今後の研究テーマ設定にあたって、基本的技術課題に取り組むこと、ならびに活用側と一体となった掘り下げを心がけます。

5.3 事後評価実施課題③

- 研究課題名：航空通信基盤の高度化に関する研究
- 実施期間：令和2年度～令和5年度 4カ年
- 研究実施主任者：河村 暁子（監視通信領域）

(1) 研究の背景・目的

① ニーズおよび内外の研究動向

近年、航空システムから取得した様々な情報を関係者間で共有し、より安全で効率的な運用を行う SWIM (System Wide Information Management) が検討されている。このような次世代の航空情報共有のために、通信速度が速く大容量を扱え、IP(Internet Protocol)化に対応できる次世代航空通信システムの導入が近づいている。次世代航空通信システムとして唯一 ICAO の標準規格策定が終了している AeroMACS (Aeronautical Mobile Airport Communications System) の航空機搭載無線機の提供が今後始まるとその後しばらくは、様々な世代の航空通信システムを用いる機体が混在することが予想される。現在の航空データ通信は、機体の受信状況等に依りて搭載無線機を選択し使用しているが、飛行中の切替えなどによる接続率の低下に問題がある。一方、ICAO Doc.9869 は航空管制データ通信について高い接続率を要求しており、あらゆる飛行フェーズの航空機が通信接続率の要件を満足できる高度な航空通信基盤を実現するため複数の通信システムおよび通信経路を用いた接続率等の評価開発が必要とされている。さらに通信の IP 化に伴い、通信の秘匿・優先度選択技術の評価実証や新しい規格の標準化も必要となる。

② 当所で研究を行う必要性

本研究は、現行および次世代の航空通信、電波伝搬および航空用ネットワーク技術に関する知見が必須である。それらの知見を有する各分野の実務家、専門家と協力の上、すでに保有している AeroMACS のプロトタイプも使い、将来の航空通信システムの研究調査結果および航空機搭載アンテナや機体の影響を含めた電波伝搬特性、航空用ネットワーク技術により効果的に接続率等を評価し、研究を実施できるのは当研究所である。

③ 科学的・技術的意義（独創性、革新性、先導性）

既存の AeroMACS プロトタイプを活用の上、航空機や車両と地上の間を連携可能な航空用高速通信の検証ネットワークシステムを構築し、次世代航空通信システムの導入期に起きうる課題を実環境下で性能評価できる点で科学的・技術的意義がある。

④ 社会的・行政的意義（実用性、有益性）

次世代航空通信システムの導入期において、複数の異なる通信システムが利用される環境において高い接続率を担保しつつ高速通信を実現することは、安全性向上だけではなく、通信処理容量を増加させるため、定時性、効率性向上にも寄与可能である。また、航空における IP 規格標準の策定にも利用、貢献できる点で社会的・行政的意義がある。

⑤ 本研究の目的

将来の空港及び空港周辺に係る航空交通の安全、効率、定時性向上に資するため、既存の AeroMACS プロトタイプも活用しながら、複数の通信システムを含む航空用高速通信ネットワークのプロトタイプを構築し、飛行中の接続切替えによる接続率の低下や通信の秘匿・優先度選択技術の実証評価を行う。

(2) 研究の達成目標

- ① 既存の AeroMACS プロトタイプを活用して、航空機、車両、地上間で接続可能な複数の通信システムおよび通信経路を含む検証ネットワークシステムを開発する
- ② 複数の通信システムが利用される際、通信経路に拠らず情報の重要度に応じて通信を秘匿化しシステムを選択するための評価実証を行う
- ③ 航空の IP 化関連技術の標準規格化活動に参画し、性能評価結果の提案に基づき、貢献を図る

(3) 成果の活用方策

- ① 開発する航空用高速通信の検証ネットワークシステムは、既存よりも高速な通信を含む複数の航空通信路を確保でき、安全、効率、定時性向上が期待できる
- ② 通信の秘匿・優先度選択技術の実証評価によって、限られた通信資源のより効率的な利用が期待できる
- ③ 標準規格及び技術文書の策定、検証作業に関する研究成果の提案文書及び技術文書は、施策意思決定や関連規格の根拠として活用できる

(4) 成果の公表

① これまでの公表等

令和 2 年度（第 1 年次）

- ・査読付論文：0 件
- ・国際標準化会議：2 件
 - ・ N. Yonemoto et al., “A/G connectivity tests for SWIM through Wide-area AeroMACS system”、ICAO CP WG-I32 Working paper、September 2020.
 - ・ K. Morioka et al., “Current status of development of ENRI LDACS prototype and test results for forward link channels”、ICAO Communication Panel (CP) Project Team - Terrestrial Data Link (PT-T)、February 2021.
- ・その他：3 件
 - ・ 森岡和行他、“AeroMACS の覆域拡大に関する実証実験 ～仙台空港から福島上空における飛行実験～” 電子情報通信学会 SANE 研究会技術報告、2021 年 1 月.
 - ・ 河村暁子他、“SWIM-AeroMACS 接続飛行試験及び機内 WiFi-EFB 実証試験報告”、航空局 CARATS 第 11 回通信アドホック会議、2021 年 1 月.
 - ・ 森岡和行他、“次世代陸域航空無線通信システムのプロトタイプ開発 ～フォワードリンク基本性能評価～”、電子情報通信学会総合大会講演論文集、B-2-7、2021 年 3 月.

令和 3 年度（第 2 年次）

- ・査読付論文：3 件
 - ・ K. Morioka, X. Lu, J. Naganawa, A. Murata, S. Egami, N. Miyazaki, N. Yonemoto, A. Kohmura, “Flight tests for expanding AeroMACS coverage and air-ground SWIM demonstration”、Integrated Communications, Navigation and Surveillance Conference (ICNS) 2021、April 2021.
 - ・ K. Morioka, X. Lu, N. Yonemoto, A. Kohmura, “Development of Multi-link Emulator for Heterogeneous Aeronautical Radio Systems,” The 16th International Conference on Space, Aeronautical and Navigational Electronics 2021 (ICSANE2021)、

SANE2021-43、 pp.61-64、 November 2021.

- A. Kohmura、 K. Morioka、 N. Yonemoto、 “Development of air - ground VHF data communication validation system、” 2021 International Conference on Emerging Technologies for Communications (ICETC 2021)、 p4-19、 December 2021.
- 国際標準化会議：0件
- その他：6件
 - 河村暁子、森岡和行、長縄潤一、二ッ森俊一、金田直樹、呂曉東、米本成人、住谷泰人、“AeroMACS を用いた空地通信技術の高度化に関する研究”、電子航法研究所報告技術資料、No.134、 pp.33-45、2021年6月。
 - 森岡和行、米本成人、河村暁子、“航空無線通信用マルチリンクエミュレータの開発～コンセプトと基本動作確認～”、電子情報通信学会ソサイエティ大会講演論文集、 B-2-4、 2021年9月。
 - 森岡和行、二ッ森俊一、米本成人、北折潤、住谷泰人、河村暁子、“次世代陸域航空無線通信システムのプロトタイプ開発～システム詳細とIP疎通まで～”、日本航空宇宙学会第59回飛行機シンポジウム予稿集、2021年11月。
 - 森岡和行、呂曉東、長縄潤一、宮崎則彦、米本成人、河村暁子、“空港面通信システムの覆域拡大に関する実証実験～上空におけるハンドオーバ実験～”、電子情報通信学会 宇宙・航行エレクトロニクス研究会予稿集、2022年2月。
 - 森岡和行、二ッ森俊一、米本成人、北折潤、住谷泰人、“次世代陸域航空無線通信システムのプロトタイプ開発～パワーアンプモジュール評価～”、電子情報通信学会総合大会講演論文集、2022年3月。
 - 河村暁子、森岡和行、米本成人、“既存航空用VHFデータ通信システムのIP化検討”、電子情報通信学会総合大会講演論文集、2022年3月。

令和4年度（第3年次）

- 査読付論文：2件
 - K.Morioka、 S. Futatsumori、 N. Yonemoto、 J. Kitaori、 Y. Sumiya、 A. Kohmura、 “Rapid Prototyping for a Future Aeronautical Mobile Communications System using Software Defined Radio”、 IEEE Proceedings of the Integrated Communications Navigation and Surveillance (ICNS) 2022、 April 2022.
 - K. Morioka、 X. Lu、 J. Naganawa、 N. Kananda、 N. Miyazaki、 N. Hiraga、 N. Yonemoto、 A. kohmura、 “Air-Ground SWIM Demonstration over Extended AeroMACS”、 International Workshop on ATM/CNS (IWAC) 2022、 October 2022.
- 国際標準化会議：2件
 - K.Morioka、 S. Futatsumori、 J. Kitaori、 Y. Sumiya、 N. Yonemoto、 A. Kohmura、 “ENRI Technical Validation Report (ENRI TVALR)”、 ICAO DCIWG PT-T/20、 September 2022.
 - K.Morioka、 S. Futatsumori、 J. Kitaori、 Y. Sumiya、 N. Yonemoto、 A. Kohmura、 “Feedback from ENRI Technical Validation”、 ICAO DCIWG PT-T/20、 September 2022.
- その他：2件
 - 河村暁子、森岡和行、米本成人、“航空通信基盤の高度化に関する研究開発概要”、航空局 ICAO CP-DCIWG/5 対処方針検討会、2022年4月。
 - 河村暁子、森岡和行、米本成人、“航空通信基盤の高度化に関する研究開発概要”、航空局令和4年度第1回 CARATS_CNS 検討WG（通信検討SG・航法検

討 SG・監視検討 SG・GNSS 検討アドホック・小型機検討アドホック 同時開催)、2022 年 6 月。

令和 5 年度 (第 4 年次)

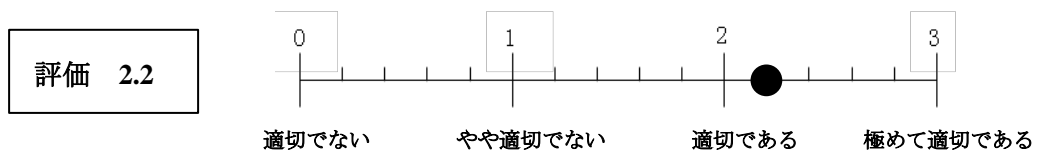
- 学術論文誌 : 1 件
 - K. Morioka, A. Kohmura, N. Yonemoto, L. Jansen, N. Maurer, T. Gräupl, M. Schnell, “Rapid Prototyping and International Validation Activity for the L-band Digital Aeronautical Communications System (LDACS)”, IEEE Open Journal of the Communications Society, Sept. 2023.
- 国際学会 (全文査読) : 0 件
- 国際学会 (アブストラクト査読) : 5 件
 - N. Maurer, T. Ewert, L. Jansen, T. Graupl, K. Morioka, C. Schmitt, “ International LDACS Security Validation Activities A Cooperation Effort between DLR and ENRI”, ICNS2023, April, 2023.
 - T. Graupl, S. Kurz, M. Skorepa, F. Wrobel, K. Morioka, “LDACS Flight Trials: Demonstration of ATS-B2, IPS, and Seamless Mobility”, ICNS2023, April, 2023.
 - L. Jansen, T. Graupl, N. Maurer, K. Morioka, C. Schmitt, “A Software Framework for Synthetic Aeronautical Data Traffic Generation in Support of LDACS Evaluation Activities”, ICNS2023, April, 2023.
 - N. Maurer, T. Ewert, T. Graupl, K. Morioka, N. Kanada, C. Schmitt, “A Combined Link Layer Security Solution for FCI Datalink Technologies”, DASC2023, Sept. 2023.
 - K. Morioka, A. Kohmura, N. Yonemoto, X. Lu, N. Kanada, M. Sato, N. Miyazaki, “ Demonstration for Secure Multilink Aeronautical Communications System – Preliminary Experiments on the Ground – ” , International Conference on Space, Aeronautical and Navigational Electronics (ICSANE) 2023, IEICE, Nov. 2023.
- 国際学会 (査読なし) : 0 件
- 標準化会議 : 4 件
 - K. Morioka, N. Yonemoto, A. Kohmura, “Current status of ENRI LDACS prototyping activity” , ICAO DCIWG PT-T/22
 - N. Yonemoto, A. Kohmura, K. Morioka, N. Miyazaki, M. Sato, “Intermediate report on the IPS connectivity test through multi-link testing and theoretical consideration on the RTCP of the communication media related to the performance”, ICAO CP DCIWG WG-I/38, Oct. 2023.
 - N. Yonemoto, A. Kohmura, K. Morioka, “Intermediate report on the construction of aeronautical communication system using the local 5G mobile communication system in Japan”, ICAO CP DCIWG WG-M/2, Oct. 2023.
 - N. Yonemoto, A. Kohmura, K. Morioka, N. Miyazaki, M. Sato, “Intermediate report on the development of IPS connectivity through classic ACARS”, ICAO CP DCIWG WG-M/02, Oct. 2023.
- 国際会議 : 0 件
- 国内学会 : 3 件
 - 森岡和行, 米本成人, 河村暁子, “エミュレータを用いたマルチリンク航空無線に関する検討—実航空機の航跡を用いた評価—”, 電子情報通信学会ソサイエティ大会論文集, 2023 年 9 月.

- ・森岡和行, 米本成人, 河村暁子, 金田直樹, “セキュアな航空無線システムの実現に向けた実証実験～地上での基礎検討～”, 第 61 回飛行機シンポジウム論文集, 2023 年 11 月.
- ・米本成人, 河村暁子, 森岡和行, “管制通信における必要通信技術性能評価のための到達時間率の劣化要因の分析”, IEICE, SANE 研究会, 2023 年 11 月.
- ・その他 : 5 件
 - ・金田直樹, 河村暁子, 森岡和行, 米本成人, 住谷泰人, “空港面航空移動通信システム AeroMACS の研究開発と国際標準化”, 電子情報通信学会誌 5 月号, 2023 年 5 月.
 - ・森岡和行, 河村暁子, 森岡和行, 米本成人, 呂曉東, 長縄潤一, 宮崎則彦, 佐藤正彦, “次世代マルチリンク航空無線システムに関する検討状況”, 電子航法研究所研究発表会講演概要, 2023 年 5 月.
 - ・河村暁子, “無操縦者航空機と通信”, 第 16 回日本無操縦者航空機委員会, 2023 年 8 月.
 - ・森岡和行, “コロナ禍における在外研究体験記～ドイツ航空宇宙センターでの次世代航空無線通信に関する研究～”, 航空無線 118 号, 航空保安無線システム協会, 2023 年 10 月.
 - ・河村暁子, “空港面移動通信システム (AeroMACS) について”, 総務省, 新生代モバイル通信システム委員会技術検討作業班 (第 32 回), 2023 年 11 月.

(5) 評価結果

① 研究の効率性

1. 研究の進め方の適切性



【所見】

- ・本研究の目標が明確でない。如何なる通信性能を実現するのか、如何なる品質の通信を実現するのか、に関して目標とする数値が述べられていない。従って、採用した手法の妥当性が判断しにくい。
- ・通信速度・方式の異なる通信システムを有機的に組み合わせしており、進め方は適切であると考ええる。
- ・予期せぬトラブルへの対応も含め、適切に対応できている。
- ・コロナ禍での研究であったが柔軟に対応し研究を継続した。

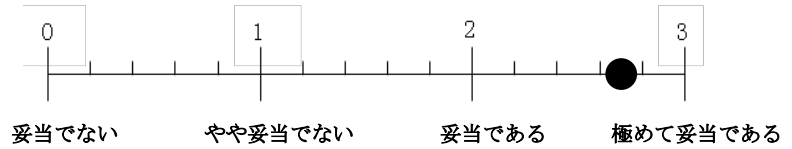
【電子航法研究所の対応】

本研究では、日本で利用する航空通信技術が世界から取り残されることの無いよう、国際規格策定の情勢を調査し、国際標準規格の策定検討を開始したばかり、もしくは議論中の通信システムを含め、5.3(2)に示す達成目標を設定し、通信の検証ネットワークシステムの開発、通信の秘匿・優先度選択の評価実証、規格標準化会議への貢献を行ってきました。この成果とともに、頂いた通信性能や通信品質の実現性に関するご意見についても、国際標準規格の検討の中で反映できるよう、後継研究へつなげていきたいと考えており

ます。

2. 研究実施体制の妥当性

評価 2.7



【所見】

- ・ 通信方式に係わる研究者が参加している。
- ・ 研究遂行に必要な各分野の研究者が詰まっており妥当であると考える。
- ・ 所内外、特に独 DLR との連携は他分野への発展も期待できる。
- ・ 専門の知見を有する研究員で構成するとともに、国外研究者との共同研究もおこなった。

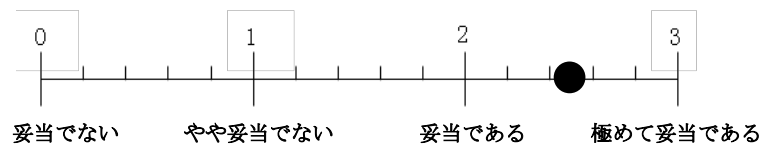
【電子航法研究所の対応】

今後も、所内の他の研究チームとの連携や独 DLR をはじめとする所外研究者（組織）との連携を継続し、通信技術そのものだけでなく、通信を利用するアプリケーションやユーザまで視野に入れた実践的な研究を進めてまいります。

② 研究の有効性

1. 研究目標の達成度

評価 2.5



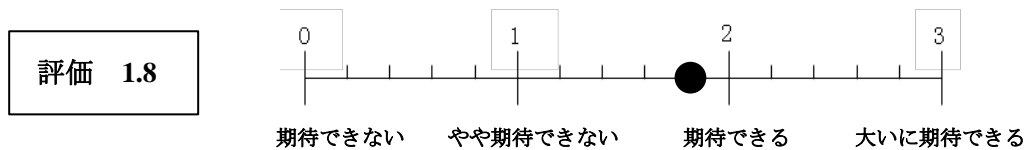
【所見】

- ・ 目標とする諸元が不明確であることから、通信研究の達成度が評価しにくい。
- ・ 予定されていた項目は不備なく実施されており十分達成したと考える。
- ・ 航空通信のマルチリンクシステム評価システムの開発、接続率評価と秘匿・優先度選択の評価と実証等、予定された研究目標はすべて達成された。

【電子航法研究所の対応】

これからも航空通信技術の高度化によって航空の安全、効率、定時性向上に貢献するとともに、国際標準規格の流れに沿いつつ、より目標をわかりやすく提案できるように研究を進めてまいります。

2. 研究成果の活用と波及効果



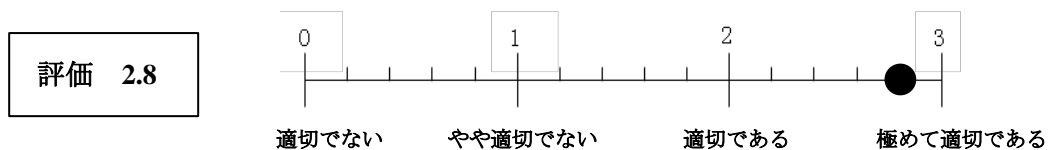
【所見】

- ・ 国内での活用は期待しにくい。LDACS に関しては、国内導入は計画されていない。駐機状態の通信と飛行中の通信、中速～準高速通信リンクと低速通信リンクのマルチリンクは解釈できない。不明確な点が多い。
- ・ 実用化についてイメージがあまりわかかなかった。だが、成果は広く活用できるものとする。
- ・ 通信分野での直接的な研究成果活用には技術以外の課題がある中、将来に向けての方向性は示しえたと考えます。
- ・ ICAO 通信パネルへの発信は波及効果が期待出来る。

【電子航法研究所の対応】

本研究では、日本で利用する航空通信技術が世界から取り残されることのないよう、SWIM 等の空地情報共有を実現するために必要かつ基盤となる次世代航空通信について研究開発を進めてきました。このため、現在、国際標準規格策定において取り扱われている次世代仕様の標準化に近い数少ない実例である LDACS を扱い、欧州とも共同研究を行いながら研究開発を進めてきました。また、空港面から陸域、陸域から洋上のような覆域境界において発生する通信接続断等の課題について、行政当局とも調整しながらマルチリンクでの接続率評価から有効性を検討してきました。航空通信分野での技術以外の課題解決がなされたときにすぐに活用できるよう、この成果を今後さらに発展させていきます。

3. 研究成果の公表



【所見】

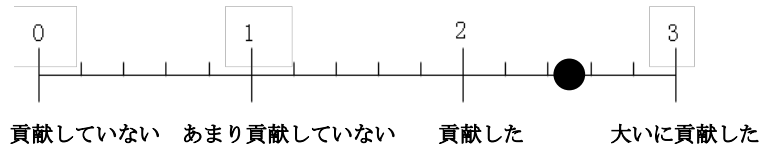
- ・ 査読付き論文、国際標準化活動にも成果がある。
- ・ ICAO 活動への成果提示については、適切と思われる。
- ・ 論文から国際会議まで広く公表しており、十分な成果が出ていると考える。
- ・ 研究成果は IEEE を含む論文誌、国際学会、ICAO 通信パネル等に適切に公表されている。

【電子航法研究所の対応】

ICAO 通信パネルにおける標準化活動も引き続き行いながら、最終年の実験用航空機を用いたマルチリンクでの SWIM 接続の飛行試験結果は、今後、論文としてまとめ発信していきます。

4. ポテンシャルの向上

評価 2.5



【所見】

- ・ 他のグループとの連携も見られる。基盤になる研究を行った。
- ・ ICAO 活動に則した研究者のポテンシャルは維持されてと思われる。通信関連学会に貢献できる研究者の育成に心掛けていただきたい。
- ・ 革新性をイメージ出来なかったが、実験等も実施しており、今後の研究に十分生かせるルと考える。
- ・ 所内外との連携による研究推進、実験用航空機への SATCOM 搭載等今後の研究に生きるシーズとなったと期待している。
- ・ SWIM グループとの共同実験は研究所のポテンシャルの向上に大いに貢献した。

【電子航法研究所の対応】

当日にお伝え出来ずに申し訳ございませんでしたが、通信関連学会において、メンバーの一人が電子情報通信学会通信ソサイエティの和文論文誌編集委員を務めており、研究者の育成にも取り組んでおります。

後継研究においても、引き続き SWIM グループと連携した実験や研究の推進に努めていきます。

総合評価（本研究を実施した意義があるか）	
2.4	
選定理由	各評価項目の合計点数 = 14.5 評価項目数 = 6 $(14.5 \div 6 = 2.4)$
<p>【所見】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 競争的資金としては少なくない経費を使用しているが、成果は見劣る。政策的研究としてみれば、国内活用が困難な方式が取り上げられており、政策当局とのすり合わせがなされているかが気がかりである。いづれにしても、資金と時間の有効活用が望まれる。 ・ 通信速度・方式の異なる通信システムを有機的に組み合わせる事の有効性を示した研究はこれまでないので、本研究を実施した意義は大きいと考える。また、実際の通信の接続状況を実験的に示したことも興味深い。 ・ 時代のニーズにあった安全運航を支援するための通信は今後も重要であり、安全第一で、航空用の通信基盤の高度化を進めて頂きたいと考えます。 ・ HCATM につながるマルチリンク技術に寄与できるものと期待しています。 ・ 予定された研究目標はすべて達成されており、次世代航空通信システムを持たない航空機も、SWIM 情報共有基盤へ接続できる技術手法及びその範囲を提示した研究成果は大いに評価できる。 	
<p>【電子航法研究所の対応】</p> <p>航空通信は将来の見通しが明確になりにくい分野ですが、今後も時代のニーズに合った安全運航を支援するため、国際標準規格策定会議等に継続参画し、国内外の研究機関との情報交換に努めるとともに、政策当局とも引き続き調整を行いながら、航空用通信基盤の高度化の研究を進めていきます。</p>	

【その他、ご助言】

- ・ 通信に関しては、国内外の航空機を対象としており、独自方式の採用は困難である。従って、国際的に検討が始まっている方式の中で国内導入が見込まれる方式について、未知の性能や品質、運用上の方式間調整、等について、適応状況を明らかにして、達成値を検討するなど、広く了解できる計画と手法であるべきであった。
- ・ HCATM ではこれまでの SARPs 外 Media も活用することが想定されているところ、後継研究においては、SARPs 外 Media についての理解も背景として知見を深めておかれては如何でしょうか。

【電子航法研究所の対応】

本研究において、実験室内エミュレータから飛行実験まで航空通信の接続率等に関する検証手法を確立し、今後、新たな通信方式の導入検討が必要となった場合も適切に対応することができるようになりました。

後継研究は、ご助言、ご指摘いただきました通り、昨今航空通信への応用が期待されている SARPs 外 Media についても考慮して進めていきます。

5.4 中間評価実施課題①

- 研究課題名：SWIM による協調的意思決定支援情報サービスの構築と評価に関する研究
- 実施期間：令和3年度～令和7年度 5カ年計画
- 研究実施主任者：呂 暁東（監視通信領域）

(1) 研究の背景・目的

① ニーズおよび内外の研究動向

欧米では、SWIM (System Wide Information Management) により運航に係る様々な情報をシステムや関係者の間で共有し、相互運用性と協調性の実現が進められている。また ICAO では、FF-ICE (Flight and Flow for Information Collaborative Environment) の導入を推進し、離陸前と離陸後の情報共有によりグローバルな協調的意思決定を図り、更に空地統合 SWIM を利用した軌道ベース運用を目指している。これらを実現するためには、標準情報交換モデルを用いたメッセージの交換による各種情報の共有だけではなく、運航の安全性に係わる情報の品質を保証する高度な SWIM 情報サービスも求められている。

② 当所で研究を行う必要性

当所は我が国で唯一、SWIM に関する研究開発を行い、開発した空地統合 SWIM 実験システムを用いて、運航前と運航後の協調的な軌道調整 (FF-ICE) に関する国際検証実験や飛行実証実験を実施している研究機関である。また、アジア太平洋地域 (APAC) における SWIM の導入を促進するため、日本、シンガポール、タイとの共同提案により ICAO バンコク事務所に APAC SWIM Task Force が設置され、当所は、タスクリーダーとして地域に適用できる SWIM アーキテクチャの検討や地域 SWIM サービス検証基盤の構築などを諸加盟国と連携しながら推進している。本研究を実施するのはこれらの知見が不可欠であり、当所で行う必要がある。

③ 科学的・技術的意義 (独創性、革新性、先導性)

本研究は、国・地域ごとの単独運用方式からグローバルな協調運用方式へのシフトを現実するため、Local-Regional-Global の SWIM 連携による広域 SWIM 情報サービスの構築と評価に対する先行研究として先導性が高い。

④ 社会的・行政的意義 (実用性、有益性)

本研究課題は、CARATS のロードマップにおいて、将来の軌道ベース運用を実現するための重点研究として位置づけられている。

⑤ 本研究の目的

SWIM をベースとした運用方式に対して、グローバルな協調的意思決定の実現に関する技術の研究開発を行い、安全かつ効率的な運航管理を保証できる高度な SWIM 情報サービスの構築と評価に関する課題を解決することである。

(2) 研究の達成目標

- ① グローバルな協調運用に関する運用面及び技術面の課題を明らかにする上で、運用レベルが異なる飛行情報区の間での協調的意思決定を支援できる広域サービス構築技術を提案する。
- ② 運航の安全性に係わるセーフティクリティカルな情報の信頼性、完全性やセキュリティを保証できるアシュアランス技術を提案する。
- ③ 協調運用の有効性を評価できる手法の確立及び検証システムの開発を行い、実用化可能なサービスの検証実験や国際連携実験による総合評価を実施する。

(3) 成果の活用方策

- ① CARATS における国内 SWIM プロトタイプを構築するための必要な技術支援や技術資料を提供し、関連施策の意志決定に貢献できる。
- ② ICAO APAC SWIM Task Force により、アジア太平洋地域に適用できる広域 SWIM 情報サービスの提案が可能となる。
- ③ 国際連携実験により、ICAO マニュアルの作成や国際的な技術標準やシステムの改善などの提案が図られる。

(4) 成果の公表

① これまでの公表等

令和 3 年度（第 1 年次）

・査読付論文：1 件

・ X.D. Lu, K.Morioka, “Connected Aircraft for Operational Awareness,” IEEE GCCE 2021, online, October 2021.

・国際標準化会議：2 件

・ X.D. Lu, “AEROTHAI-JCAB Demonstration on Trust Framework,” ICAO SWIM Workshop, online, July 2021.

・ X.D. Lu, “SWIM Infrastructure to Achieve Message Level Security,” ICAO 5th Meeting of SWIM TF, online, August 2021.

・その他：6 件

・ X.D. Lu, “Test System of JCAB,” Multi-Regional TBO Demonstration Guided Discussion 3, online, May 2021.

・ X.D. Lu, “Test Report for JCAB-FAA Vignettes,” Multi-Regional TBO Technical Exercise, online, June 2021.

・ 呂曉東, 森岡和行, 古賀禎, “飛行実証実験による空地統合 SWIM に関する検討,” 電子航法研究所研究発表会, 2021 年 6 月.

・ X.D. Lu, “Updates of JCAB for Phase 2,” Multi-Regional TBO Technical Interchange Meeting 3, online, October 2021.

・ 呂曉東, “MR TBO における国際航空信頼フレームワークの構築,” CARATS 第 46 回情報管理検討 WG, 2021 年 11 月.

・ 呂曉東, “SWIM における FF-ICE や TBO 実証実験システムの開発について,” SDECC 出前講座, 2021 年 11 月.

令和 4 年度（第 2 年次）

・査読付論文：4 件

・ X.D. Lu, N. Kanada, N. Wickramasinghe, H. Hirabayashi and M. Brown, “SWIM Based Trajectory Coordination to Achieve Strategic Planning and Collaborative Decision Making,” IWAC 2022, October 2022.

・ X.D. Lu, K. Morioka, T. Koga, J. Kitaori and Y. Sumiya, “The Discussion of Air-Ground SWIM Integration to Achieve 4D Trajectory Sharing and Negotiation through An International Joint Demonstration,” 電子航法研究所報告 No.135, 2022 年 12 月.

・ X.D. Lu, K. Morioka, N. Kanada and T. Koga, “4D Trajectory Negotiation to Achieve Situational and Operational Awareness for Air Traffic Management,” IEEE ISADS 2023, March 2023.

・ N. Kanada and X.D. Lu, “Preliminary Feasibility Study of Quantum Key Distribution

- for Future Air Traffic Management Systems,” IEEE ISADS 2023, March 2023.
- 国際標準化会議：5 件
 - X.D. Lu, “SWIM-TI Interface Binding to Achieve Interoperability,” ICAO 6th Meeting of SWIM TF, online, May 2022.
 - X.D. Lu, W. Zhu, S. Han and Y. Tian, “SWIM DISCOVERY SERVICE (SDS) UPDATE AND NEXT STEPS,” ICAO 6th Meeting of SWIM TF, online, May 2022.
 - X.D. Lu, “The Development of ENRI SWIM Registry,” SWIM TF - SDS Implementation Coordination Meeting, online, October 2022.
 - X.D. Lu, “Proposal of CRV based APAC Regional SWIM Architecture,” Joint Meeting of CRV OG and SWIM TF, online, October 2022.
 - X.D. Lu, “Collaborative Validation for Interoperability of SWIM Service Discovery,” ICAO IMP WG-G/10, Singapore, February 2023.
 - その他：5 件
 - X.D. Lu, “Lessons Learned of TBO Demonstration and Live Flight Experiment,” FATS/30, online, May 2022.
 - 呂, 森岡, 金田, 古賀, ナヴィンダ, 平林, マーク, “SWIM による軌道ベース運用に関する実証実験,” 電子航法研究所研究発表会, 2022 年 6 月.
 - X.D. Lu, “ENRI Test System for Live Flight Demonstration,” MR TBO Coordination Meeting, Tokyo, May 2022.
 - 呂曉東, “SDECC 向け SWIM 概要説明および質問回答表,” SDECC 出前講座, 2022 年 12 月.
 - 呂, 福島, “MR TBO Lab Demo の報告,” 第 14 回将来の航空交通システムに関する推進協議会, 2023 年 3 月.

令和 5 年度 (第 3 年次)

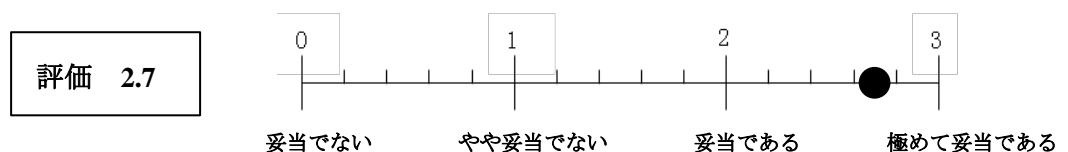
- 学術論文誌：0 件
- 国際学会 (全文査読)：1 件
 - X.D. Lu and N. Kanada, “SWIM Service Trust Framework to Ensure the Safety of Flight Operations,” IEEE GCCE 2023, October 2023.
- 国際学会 (アブストラクト査読)：0 件
- 国際学会 (査読なし)：0 件
- 標準化会議：8 件
 - X.D. Lu, “Overview of APAC SWIM-TI Profiles,” ICAO 7th Meeting of SWIM TF, May 2023.
 - X.D. Lu, “APAC SWIM Technical Infrastructure Profiles - Draft Version 0.1,” ICAO 7th Meeting of SWIM TF, May 2023.
 - X.D. Lu, S. Han, W. Zhu and Y. Tian, “SWIM Discovery Service Demonstration,” ICAO 7th Meeting of SWIM TF, May 2023.
 - X.D. Lu, S. Han, W. Zhu and H. Gao, “Proposal of Regional Interoperable SWIM Registry,” ICAO 7th Meeting of SWIM TF, May 2023.
 - X.D. Lu, “Approaches to differentiate FF-ICE Flight Plan Update between different processing phases,” FIXM Core v4.3.0 Overview TIM, October 2023.
 - X.D. Lu and N. Kanada, “Practical Experiences in Japan: SWIM Security Service for Connected Aircraft,” ICAO TFP-WGW 01, October 2023.
 - X.D. Lu, “Updates of APAC SWIM Technical Infrastructure Profiles,” ICAO 8th Meeting of SWIM TF, November 2023.

- X.D. Lu, David Leow and Amornrat Jirattigalachote, “Proposal for detailed Enterprise Messaging Service architecture and its impact on the use of message headers,” ICAO 8th Meeting of SWIM TF, November 2023.
- 国際会議：3件
 - X.D. Lu and S. Wilson, “MR TBO Live Flight Demo Test Video,” Multi-Regional TBO Live Flight Demo, online, June 2023.
 - 呂曉東, “MR TBO の飛行実証実験に関する日本の SWIM 実験システム,” Multi-Regional TBO Live Flight Demo CARATS 説明会, June 2023.
 - X.D. Lu, “Multi-Regional TBO Demonstration and SWIM,” KAU/ENRI Research Exchange Workshop, July 2023.
- 国内学会：1件
 - 金田直樹, 呂曉東, “ICAO におけるトラストフレームワークの動向,” 第 61 回飛行機シンポジウム, 2023 年 11 月.
- その他：5件
 - 呂曉東, 金田直樹, “MR TBO 飛行実証実験のための SWIM セキュリティサービス,” CARATS 第 52 回情報管理検討 WG, 2023 年 6 月.
 - 呂曉東, “MR TBO における情報のデジタル化と航空交通の最適化,” CARATS オープンデータ活用促進フォーラム 2023, 2023 年 12 月.
 - 呂曉東, “SWIM Task Force における国際連携実験について,” CARATS 第 54 回情報管理検討 WG, 2023 年 12 月.
 - 呂曉東, “航空交通情報基盤 (SWIM) について,” 航空保安大学の特別講義, 2024 年 1 月.
 - 呂曉東, “SWIM に基づいた軌道ベース運用と国際連携実証実験,” 航空無線技術交流会, 2024 年 2 月.

(5) 評価結果

① 研究の有効性

1. 研究の進捗状況 (目標達成度)



【所見】

- 国際連携実験など、進捗状況は良い。
- 現在主要企業で導入されている DX 情報基盤と SWIM は、情報技術では同一の概念であるが、両者を比較すると SWIM には先進性が見受けられない。従って、より将来的概念に基づいた目標に見直すことが望まれる。
- 国際的に協調・協業できる体制をすでに整えているので、十分進捗していると考えられる。
- 計画通り研究が進められており、国際連携実験にも参加して検証を行っており、目標以上の成果が得られている。

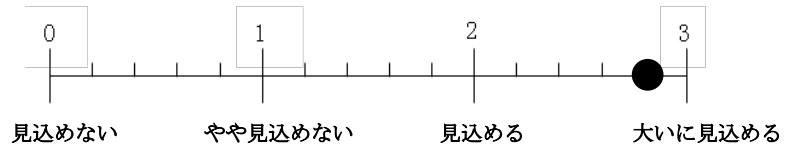
【電子航法研究所の対応】

引き続き、研究課題全体の進捗管理を適切に行うとともに、最新の情報技

術を確認し、ICAOの将来の運用コンセプトに対応できる目標を検討します。

2. 目標達成の見込み

評価 2.8



【所見】

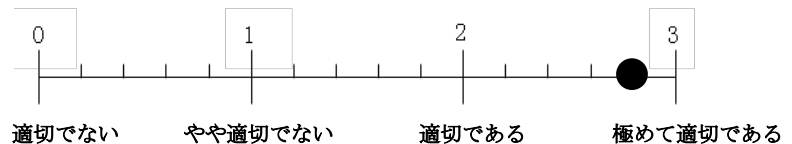
- ・ 順調に目標を達成している。
- ・ 現行目標の達成は可能であるが、それにより情報技術として評価が得られるとは思えない。情報技術的な進展を織り込んで目標の見直しを行うとしても、充分達成は可能であろう。
- ・ 現時点での成果を見る限り、失速することなく当初の目標を達成できると考える。
- ・ 国際連携により研究成果を着実に積み上げており、目標達成が大いに見込まれる。

【電子航法研究所の対応】

本研究目標の確実な達成に努めるとともに、ICAOの運用要件や技術要件に適切できる情報技術の実証評価を進めていきます。

3. 研究成果の公表

評価 2.8



【所見】

- ・ 査読付き論文、標準化会議などで積極的に発表されている。
- ・ 国内外の論文誌への投稿がない。標準関係資料の貢献が主体だが、情報技術関係者の評価も得るよう努力を続けることが望まれる。
- ・ 査読付き論文・ICAO関連会議で多くの報告をしており適切であると考ええる。
- ・ ICAO関連会議、CARATS/WGへの定期報告、IEEE国際会議での発表、航空関係者への情報提供等、研究成果を適切に報告するなど極めて適切である。

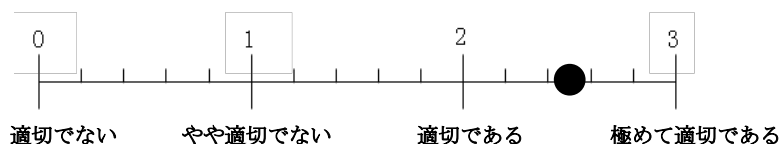
【電子航法研究所の対応】

引き続き、研究成果の適切な公表に努めるとともに、国内外の論文誌への投稿を強化していくことを考えています。

② 研究の効率性

1. 研究の進め方の適切性

評価 2.5



【所見】

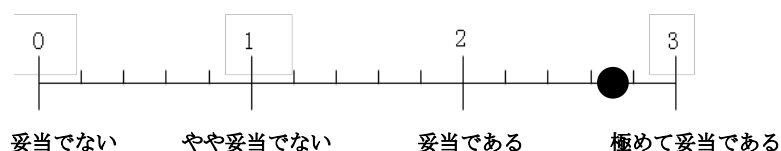
- ・ 計画内容からみて、予算は多めである。標準化会議や国際調整に主要な予算が配分されていると思われるが、これらの予算は研究内容の充実には貢献しにくいので、研究を深める実施計画に心掛けることを期待する。
- ・ スライド資料による説明だけでは、研究手順等の詳細が十分イメージできなかった。しかし、成果は多く出ているので適切に進んでいると考える。
- ・ ICAO、国内の中長期計画や検討状況に合わせて適切な研究期間や年次計画を設定し、研究成果が期待された時期に創出されている。

【電子航法研究所の対応】

引き続き、軌道ベース運用の実現に必要な情報技術の実証評価や新しい運用方式の検証に必要な飛行実証実験を実施し、予算の最適活用に努めていきます。

2. 研究実施体制の妥当性

評価 2.7



【所見】

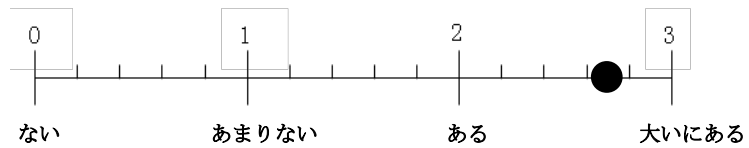
- ・ 従来から、関連研究に従事した研究者が参加しており、また APEC に参加する航空管制機関との実証評価を企画する等、実施体制は充実している。
- ・ 国際連携を確立しており、体制については問題ないと考える。
- ・ 研究実施体制は極めて妥当である。

【電子航法研究所の対応】

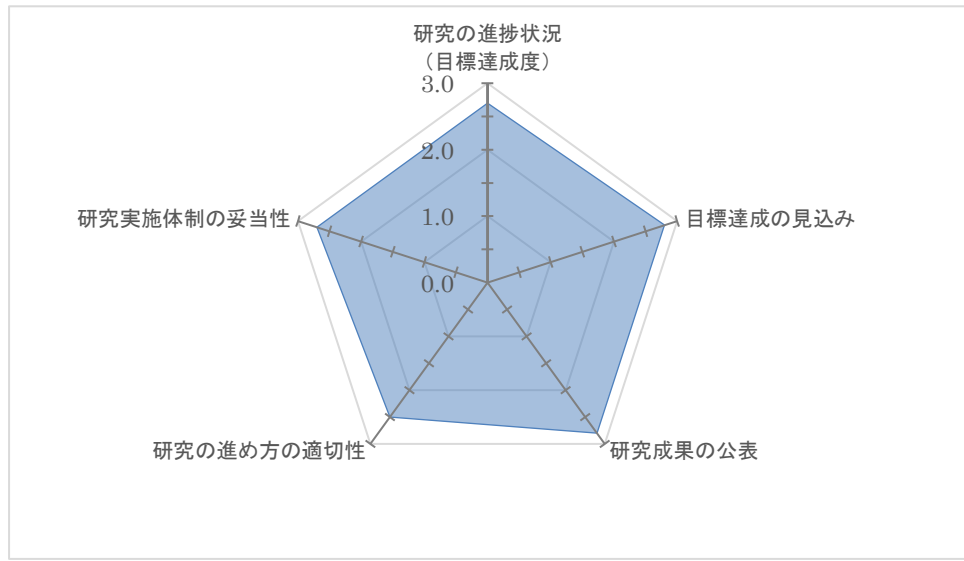
引き続き、国際連携を強化するとともに、研究開発を進めていきます。

総合評価（本研究を継続する意義があるか）

2.7



選定理由 各評価項目の合計点数 = 13.5
 評価項目数 = 5
 (13.5 ÷ 5 = 2.7)



【所見】

- ・ 重要な情報基盤である SWIM に関する研究は研究所が中心に進めるべき、研究所でしかできない研究である。国際連携も重要であり、本研究を継続実施する意義はある。
- ・ 本研究に類似する情報技術の事業への活用は、あらゆる分野で行われている。それらでは、将来の事業効率化や先進化に向けて、情報間連携を進めやすい情報プラットフォームの上に整備を進めている。本研究には、情報プラットフォームの（国際）整備に関する検討が見受けられず、現時点では後れを取っていると思われる。速やかに、これら将来的情報間連携に目を向けて、そのための検討を実施することで意義は高まると思われる。
- ・ 今後の航空管制について、グローバル化は必須と考える。その一つのキーとなる研究であるといえる。今後このテーマを完了しその知見を様々な所で活用する事を望みます。
- ・ 獏とした SWIM ではなく具体的な姿が徐々に示されるようになってきており、この研究の価値は高まったものと考えます。
- ・ 国際的にも非常に重要な研究案件を適切に進めており、本研究を継続する意義は大いにある。

【電子航法研究所の対応】

いただきました所見を踏まえて、今後の研究においても、引き続き、地域と国際の航空交通情報基盤の構築を推進していきます。

【その他、ご助言】

- ・ 将来航空管理に重要な技術でありながら、一般に目につくことはほとんどない（皆無である）。無人航空機との連携も将来的な課題であると思うが、ほとんど **SWIM** に関する話題は出てこない。研究所側からの働きかけが不足しているのではないか。この点も含め、外部発信、研究の意義と成果のアピール、広報をいかにするかを考えるべきである。
- ・ 現状の情報技術の概念は変化している。これを認識して、将来的 **SWIM** を目指す検討を望みたい。
- ・ **Multi National TBO** 実証等は、単なる技術的成果にとどめるにはもったいない成果であり、研究所の社会的認知度向上にもつなげていけるよう配慮願います。この研究に限らず、国際標準策定への参画が **ENRI** の重要担務である以上、日本標準時で **Virtual** 会議が開催できるほどに **ENRI** の存在感が高まることを望ましいところですが、まずは担当研究者が安心して出張・**Virtual** 参加可能となる体制の構築に努めていただきたい。
- ・ 本研究も中間期間を迎えたことから、研究を進める過程において、研究の有効性、例えば滑走路閉鎖に対応した航空交通管理の最適化等について、**SWIM** による協調的意思決定支援情報サービスの構築化がなされた場合の **SWIM** による協調意思決定が安全、かつ効率的な運航管理を保証するかについての具体的な事例研究を期待します。

【電子航法研究所の対応】

ご助言をもとに、今後の研究では、無人航空機の交通管理との連携に関する課題を検討することを進めていきます。また、研究活動により研究所の社会的認知度を向上させるよう努めていきます。

5.5 事前評価実施課題①

- 研究課題名：気象情報及び航空交通流を考慮した軌道調整技術に関する研究
- 実施期間：令和6年度～令和9年度 4カ年
- 研究実施主任者：瀬之口 敦（航空交通管理領域）

(1) 研究の背景・目的

① ニーズおよび内外の研究動向

CARATS 施策 MET-4-1「気象情報から「飛行困難空域」への変換」および MET-4-2「気象情報から空域／空港容量への変換」に関連する TBO-2-1「協調的な運航前の計画軌道調整」は、国際動向の変化に伴って導入時期が 2030 年前後に見直される（延長）予定。

TBO-2-1 の実現には国際的に調和の取れた将来の航空交通システムの構築が必要であり、気象予測、航空機の運航状況、空域容量等を加味した効率的かつ最適な軌道調整技術に関する研究開発が求められている。

軌道調整においては、悪天回避の要素のみならず、空域の混雑や交通流制御状況等を考慮した運用が求められており、実運用に即した軌道生成技術の検討が必要である。

また、航空交通流管理（ATFM）に関して航跡データや管制官のシステム入力記録等から算出する空域容量を活用する余地があり、実運用のために気象予報を用いた場合の航空交通流管理への影響評価及び定量化が必要である。

② 当所で研究を行う必要性

2020～2023 年度の重点研究「気象要因による運航制約条件を考慮した軌道調整に関する研究」では、航空機の悪天回避のモデル化および悪天候による航空交通流管理への影響の可視化・定量化を実施しており、研究開発ニーズに対しての知見を有している。

③ 科学的・技術的意義（独創性、革新性、先導性）

軌道生成に関する国際標準は存在しないため、悪天回避および混雑回避を両立する軌道生成技術の開発には先導性がある。

気象予報に応じた管制官のシステム入力記録等からの管制作業負荷係数の算出は、悪天時の空域容量低下の定量化に繋がり、我が国の研究開発において革新性を有する。

④ 社会的・行政的意義（実用性、有益性）

悪天回避および混雑回避を両立する軌道生成技術の開発は、安全で効率的な飛行計画の作成に応用できる。

気象予報に応じた管制官のシステム入力記録等からの管制作業負荷係数の算出により、悪天時の空域容量低下の予測性が向上し、空域容量の最適活用に繋がる。

⑤ 本研究の目的

- ・現実の軌道調整で利用可能な軌道生成技術の提案
- ・軌道調整の不確実性管理に繋がる空域容量の算出技術の提案

(2) 研究の達成目標

- ① 悪天回避および交通流制御状況等を考慮した軌道生成技術の開発
- ② 悪天候の不確実性を反映した空域容量算出技術の開発

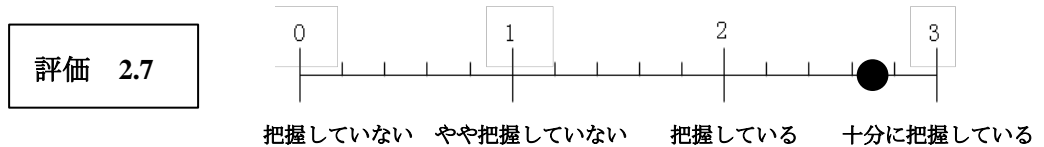
(3) 成果の活用方策

- ① 協調的な運航前の計画軌道調整の実現に資する。
- ② FF-ICE/R1 (Planning Service etc. - Maximum spec) の仕様設計への活用が期待できる。
- ③ ATFM の運用改善、すなわち空域容量の最適活用が期待できる。

(4) 評価結果

① 研究の必要性

1. ニーズ及び内外の研究動向



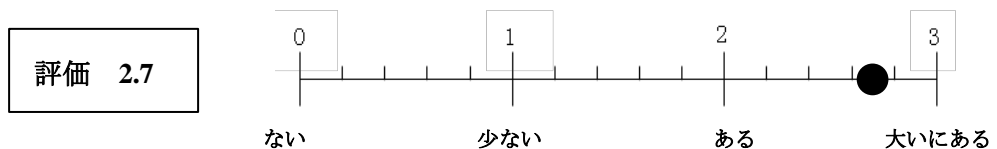
【所見】

- ・ リアルタイム気象情報の精度が向上している現在、内外の研究は多岐にわたっている。航空気象では DAPs や Air-to-Air を含めて危険回避の試みがあり、本研究の目的に適合する研究を抽出し活用することが重要と考える。
- ・ この前のプロジェクトでニーズは十分に明らかになっていると考えられる。
- ・ 軌道調整においては悪天回避の要素とともに航空交通流変化に伴う安全性の確保が重要である。航空管制の実運用に即した軌道生成技術が必要である。

【電子航法研究所の対応】

本研究では、航空交通管理の安全性と効率性の両立を意識するとともに、実用性の観点から各種の先行研究を参考にして研究を進めてまいります。

2. 本研究所で行う必要性



【所見】

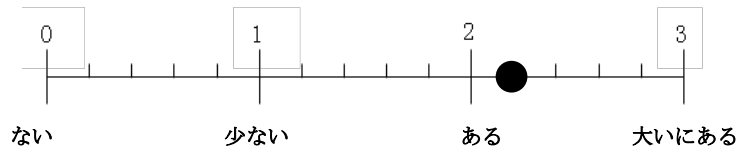
- ・ 日本では電子航法研究所が中心になって行うべき研究である。
- ・ 先行研究があり、継続する価値は高い。
- ・ 気象情報、交通量を加味するという事は、大局的な面からのマネジメントが必要になることから、電子航法研で実施する必要性は大いにある。
- ・ 他機関との連携で実施していくことが適切
- ・ これまで実施した研究を進化させ、航空管制に関しての包括的な知見を有する当研究所での実施は非常に有効である。

【電子航法研究所の対応】

社会実装を実現できるよう、弊所の橋渡し機能を発揮するとともに他機関との連携を強化するように努めます。

3. 科学的・技術的意義

評価 2.2



【所見】

- ・ 軌道生成の試みとその手法に新規性はなく、科学的、技術的な意義は少ない。
- ・ 観測情報の精度分析を欠くと、実用性が高まらない。先行研究では観測情報の統計的信頼度が十分検討されておらず、科学的評価が高くなかったことに留意して、科学的信頼性を向上することを期待したい。
- ・ 先導性については十分にあると考える。独創性および革新性については、現段階では理解できなかったもので、実際に研究が進んでからと明らかになることを期待する。
- ・ 総合的な悪天回避軌道生成技術提案は我が国の研究開発において先導性は大いにある。

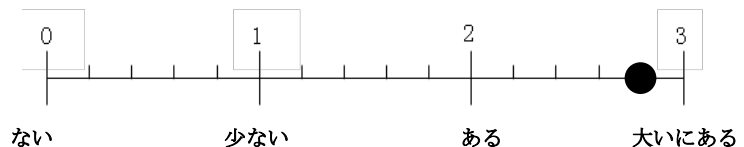
【電子航法研究所の対応】

軌道生成技術の開発では、混雑回避を含む航空交通流管理との親和性を考慮して軌道生成に求められる精度や要件を明らかにすることで、科学的・技術的意義のある成果を目指します。

また、実用性を確保するため、取り扱うデータや情報の精度評価および統計的な分析や検討の実施により、科学的・技術的意義を高めるように努めます。

4. 社会的・行政的意義

評価 2.8



【所見】

- ・ 社会的、行政的なニーズがあり、研究の意義はある。
- ・ 成果を航空交通流管理に活用することを目指しており、行政的意義がある。
- ・ この研究の成果により、二酸化炭素排出量が減るなど社会的意義が期待される。
- ・ 軌道ベース運用の実現に気象影響への対応は極めて重要な課題であり、

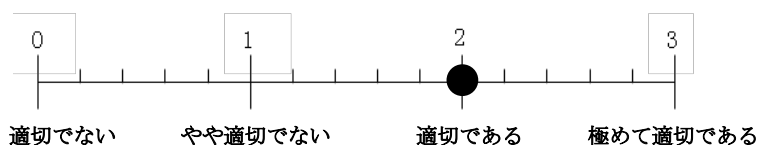
研究する意義は大いにある。

【電子航法研究所の対応】
 TBOの実現推進に繋がる、FF-ICE/R1のサービス拡充や悪天時のATFMの精緻化に寄与することで、二酸化炭素排出量の削減や飛行遅延の適性化といった社会的・行政的意義を実感していただけるような研究成果の創出に努めてまいります。

② 研究の有効性

1. 達成目標の適切性

評価 2.0



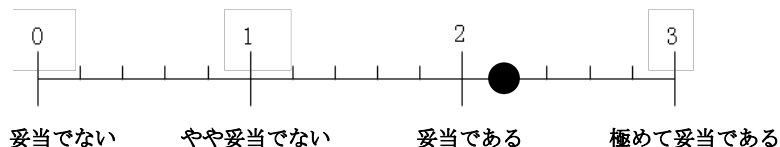
【所見】

- ・ 先行した重点研究の成果からの差を考えると、2～3年程度で達成できる目標と思われる。適切であるということを示す明確な目標（数値目標等）があいまいである。
- ・ 細部が計画途上であり、達成目標が変動する可能性があると考えます。
- ・ 前のプロジェクトからの引継ぎとみられる可能性があるため、数値目標をもう少し上振れさせても良いと思いました。
- ・ 先行研究等が少ない状況下である点に鑑み、あえて不可的表現として適切としたもので、目標設定に問題意識を持っているわけではないので、着実に進めていただきたい。
- ・ 悪天回避及び交通流制御状況等を考慮した軌道生成技術の開発は安全で効率的な飛行計画の作成に応用可能であり社会的意義がある。

【電子航法研究所の対応】
 2点の研究開発課題に対し、研究期間を前期と後期に分けてそれぞれ達成目標を設定し、段階的に研究を進める計画を立案しました。先行研究の活用や他機関との協業を図ることで、より高い達成目標を実現できるように研究を進めてまいります。

2. 達成目標のレベル

評価 2.2



【所見】

- ・ 先行した重点研究の成果からの差を考え、また研究所外との連携をはかれば、2～3年程度で達成できる目標レベルと思われる。

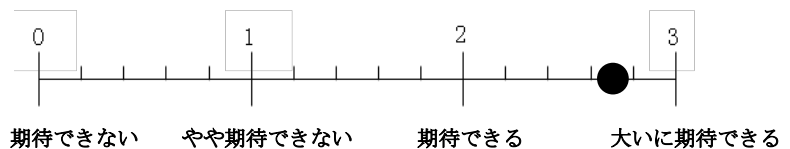
- ・ 基礎的な試行ではなく、実用を目指すのであるから、実用に至るまでの如何なる段階の完了を目標とするかが示されていない。
- ・ こちらも前項目と同じく前のプロジェクトからの引継ぎとみられる可能性があるため、目標をもう少し上振れさせても良いと思いました。
- ・ 先行研究等が少ない状況下である点に鑑み、あえて不可的表現として適切としたもので、目標設定に問題意識を持っているわけではないので、着実に進めていただきたい。
- ・ 極めて妥当である。

【電子航法研究所の対応】

FF-ICE/R1 の仕様設計や ATFM の運用改善に資する技術開発を目標としています。そのため、これまで以上に関係者との意見交換を働きかけ、また達成目標に対して進捗管理を段階的に行うことで、より高い達成目標を実現できるように努めてまいります。

3. 研究成果の活用と波及効果

評価 2.7



【所見】

- ・ 航空運航に係わる気象情報の利用は、本研究以外にも国内外で実施されており、これらと連携を深めて成果の活用を進めることが重要と考える。
- ・ これまでの項目で評価しているとおり、気象情報と交通量を組み合わせた、調整技術は今後必要になると考え、波及効果はあると考える。
- ・ 実用的な軌道生成技術は航空交通管理での活用が大いに期待出来る。

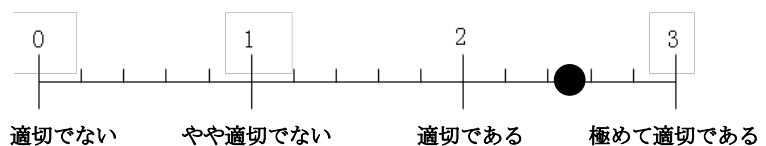
【電子航法研究所の対応】

航空分野と気象分野はお互いに相乗効果が見込めるため、引き続き連携してまいります。

③ 研究の効率性

1. 研究の進め方の適切性

評価 2.5



【所見】

- ・ 外部機関と共同で研究を実施することで研究を加速できると思われる。
- ・ 先行研究の経験が反映した研究計画と判断する。

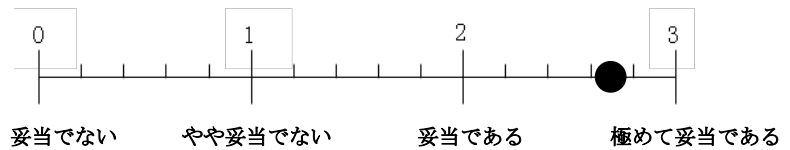
- ・ 必要な各分野の人が入っているので、進め方は適切と考える。
- ・ 目標設定等と同様に、あえて細かい評価は行っていない。
- ・ 研究期間に応じた研究手順・研究内容が極めて適切に計画されている。

【電子航法研究所の対応】

共同研究の実施等により、所外の専門性を積極的に取り入れて成果を創出できるように努めます。

2. 研究実施体制の妥当性

評価 2.7



【所見】

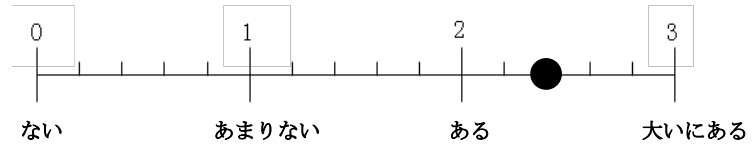
- ・ 外部機関と共同で研究を実施することで研究を加速できると思われる。
- ・ 先行研究より広範な研究機関との協働を計画している。
- ・ この項目も、研究遂行に必要な各分野の人が入っているので、進め方は適切と考える。
- ・ 共同研究等の外部との連携は極めて妥当である。

【電子航法研究所の対応】

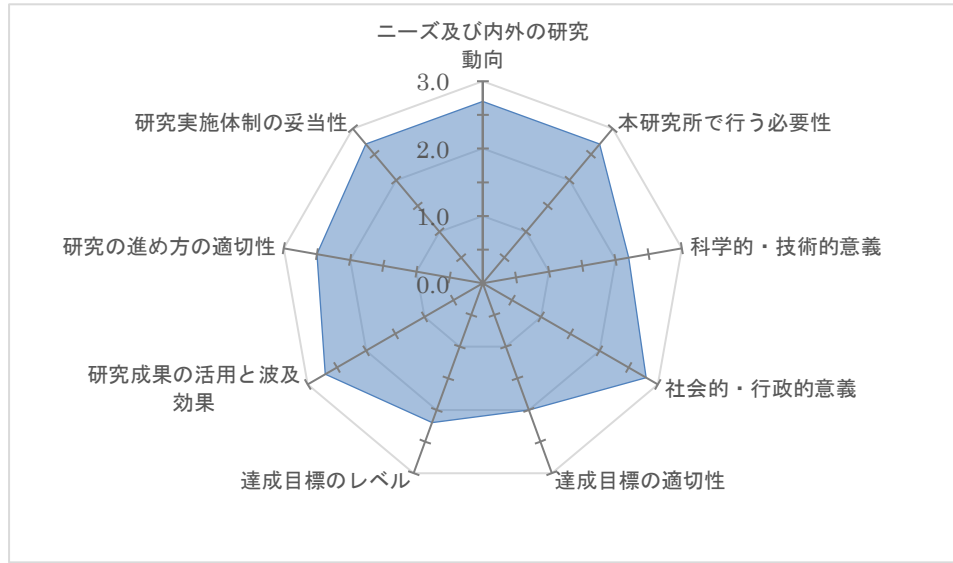
社会実装に向けた研究成果の創出に向けて、他機関との協働を広範に進めてまいります。

総合評価（本研究を実施する意義があるか）

2.4



選定理由 各評価項目の合計点数 = 22.3
 評価項目数 = 9
 (22.3 ÷ 9 = 2.4)



【所見】

- ・ 軌道ベース運用の導入に向けて重要な研究である。
- ・ 本研究所で必要となる研究を全て実施することは不可能と思われ、本研究所が主体となるべき研究を実施していただきたい。
- ・ 今後ますます必要となる、二酸化炭素排出量の削減や、航空交通量の増加を考えると、悪天候に対する耐性を上げる必要があるのは明白である。ぜひ実施いていただいてよりロバストかつ効率的な航空管制を進めてほしい。
- ・ TBO、ネットゼロに至るための道筋の一つとして推進する意義・価値があります。
- ・ 軌道ベース運用（TBO）に実現に向けて悪天時の計画軌道を生成する研究は大いに意義がある。

【電子航法研究所の対応】

本研究は航空交通全体の目標である軌道ベース運用の実現に寄与する課題解決に向けて取り組むものでありますが、関係者が多く、必要となる専門性も多岐に渡ることが研究開発にとっての難しさとなっております。そのため、弊所の橋渡し機能を発揮し、他機関との協業を図ることで社会実装を目指します。

【その他、ご助言】

- ・ 本研究課題を研究所で実施する必要があることは分かる。しかしながら、実施する内容ではなく、達成する目標を数値目標などで明確にし、それを達成するにはこの研究期間が必要であることを示す必要がある。とくに軌道最適化に関しては、大学では卒業論文から修士課程のそれほど難しくないレベルの研究である。
- ・ DAPs、気象レーダ、衛星によるマルチスペクトル、等利用可能な情報は増えてゆく。このとき、各情報の統計的性質を把握しないと、結果の信頼性は高まらない。地味な検討は重要である。
- ・ 研究を進めるにあたり、刻々と変化する悪天候の予測による航空機の悪天回避経路が設定されると経路変更による航空交通流が複雑になり、航空管制業務への負荷が大きくなる。回避経路の妥当性、回避経路に伴う空域の安全性についても研究を進めてほしい。

【電子航法研究所の対応】

軌道最適化に関しては、実用性の観点から取り扱える情報や適用可能な手法を見極めた上で評価・提案することを考えております。また、気象情報などの特徴把握や精度向上に資する検討を他機関との協働により進めてまいります。加えて、本研究では航空交通流の複雑性増加に対する安全性確保の観点から軌道生成技術および空域容量算出技術の開発を実施いたします。

以 上